



**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**PENGATURAN KESEIMBANGAN ROBOT HUMANOID  
DENGAN GIROSKOP UNTUK MELAKUKAN  
GERAKAN PENARI TOPENG BETAWI**

**MUHAMMAD NUR ABIDIN**  
**NRP 2212 100 051**

Dosen Pembimbing  
Rudy Dikairono S.T., M.T.  
Dr. Ir. Djoko Purwanto M.Eng.

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT - TE 141599**

***BALANCE CONTROL HUMANOID ROBOT WITH  
GYROSCOPE FOR DOING MOVEMENT  
TOPENG BETAWI DANCER***

**MUHAMMAD NUR ABIDIN  
NRP 2212 100 051**

**Advisor  
Rudy Dikairono S.T., M.T.  
Dr. Ir. Djoko Purwanto M.Eng.**

**ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Pengaturan Keseimbangan Robot Humanoid dengan Giroskop untuk Melakukan Gerakan Penari Topeng Betawi”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2016

Muhammad Nur Abidin  
NRP 2212100051

**PENGATURAN KESEIMBANGAN ROBOT HUMANOID  
DENGAN GIROSKOP UNTUK MELAKUKAN  
GERAKAN PENARI TOPENG BETAWI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sabagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Elektronika

Jurusan Teknik Elektro

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

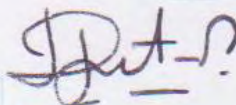
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,



Rudy Dikairono ST., MT.  
Nip: 198103252005011002

Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.  
Nip: 196512111990021002



# **PENGATURAN KESEIMBANGAN ROBOT HUMANOID DENGAN GYROSCOPE UNTUK MELAKUKAN GERAKAN PENARI TOPENG BETAWI**

**Nama : Muhammad Nur Abidin**  
**Pembimbing : Rudy Dikairono, S.T., M.T.**  
**Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng**

## **ABSTRAK**

Robot humanoid merupakan robot yang memiliki karakteristik dan bentuk menyerupai manusia. Salah satu aspek penting dari robot humanoid dalam bergerak adalah sistem keseimbangan. Dengan sistem keseimbangan ini, robot humanoid akan mampu mempertahankan posisi dari kondisi yang tidak seimbang dan rawan terjatuh, baik saat berjalan maupun saat bergerak di tempat. Di Indonesia, robot humanoid kebanyakan masih digunakan untuk perlombaan seperti kontes robot sepabola Indonesia (KRSBI) dan juga robot penari (KRSTI). Pada tahun 2016 ini, tema tarian yang diambil adalah “tarian topeng betawi”. Untuk robot penari kebanyakan masih mengalami jatuh baik saat menari di tempat maupun saat menari sambil berjalan. Hal ini dikarenakan robot yang selama ini didesain belum memiliki pengaturan keseimbangan. Keseimbangan dari robot humanoid untuk menari ini dapat dimanipulasi dengan adanya *gyroscope* dan dikombinasikan dengan respon gerakan robotnya untuk mendapatkan posisi yang sesuai dengan keinginan bila terjadi ketidakseimbangan. Dengan demikian, robot humanoid akan mampu mengatur *zero moment point* (ZMP). ZMP merupakan sistem pengaturan keseimbangan dengan mempertahankan posisi pusat kestabilan di bagian bawah / pusat massa. Dari sensor dan sistem pengaturan yang digunakan, hasilnya robot yang didesain mampu memiliki keseimbangan gerak yang sempurna dengan sudut *roll* antara -17° sampai 20° serta sudut *pitch* antara -15° sampai 15° dan mampu memiliki kesamaan gerak seperti penari topeng betawi.

**Kata Kunci :** gerakan, keseimbangan, penari, robot humanoid, ZMP

**BALANCE CONTROL HUMANOID ROBOT WITH  
GYROSCOPE FOR DOING MOVEMENT  
TOPENG BETAWI DANCER**

**Nama : Muhammad Nur Abidin**  
**Pembimbing : Rudy Dikairono, S.T., M.T.**  
**Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng**

**ABSTRACT**

*Humanoid robot is a robot that has the characteristics and shape resembling a human. One important aspect of a humanoid robot in movement is a balance system. With this balance system, the humanoid robot will be able to maintain the position of the unbalanced and prone to falling, both when walking or when moving in place. In Indonesia, most of the humanoid robot was used for a race like Indonesian Robot Soccer Competition (KRSBI) and robot dancers (KRSTI). In 2016, the theme of the dance is taken "Topeng Betawi dance". For a robot dancer falls mostly still having good time dancing on the spot as well as saat dance while walking. This is because the robot has been designed not have balance settings. The balance of the humanoid robot to dance this can be manipulated by the gyroscope and combined with the movement of the robot's response to get the position in accordance with the desire caused by an imbalance. Thus, the humanoid robot will be able to set the moment zero point (ZMP). ZMP is a system of balance settings to maintain the stability of the center position at the bottom / center of mass. Of sensors and system settings used, the result is a robot designed to be able to have a perfect balance with the motion between the roll angle of  $-17^{\circ}$  to  $20^{\circ}$  and the pitch angle of  $-15^{\circ}$  to  $15^{\circ}$  and is able to have the same motion as the Betawi masked dancers.*

**Kata Kunci :** *balance, dancers, humanoid robot, movement, ZMP*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas rahmat yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Esa. Karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik dukungan secara moril maupun materiil. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang mendukung dan membantu dalam tugas akhir ini, diantaranya :

1. Ibu dan Bapak tercinta serta Keluarga besar, yang tidak pernah putus untuk seluruh do'a, nasihat, motivasi, dan dukungannya.
2. Bapak Rudy Dikairono dan Bapak Joko Purwanto selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, kejelasan, nasehat, dan kemudahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ardiyono selaku Ketua Jurusan dan dosen penulis.
4. Dosen pembimbing di Robotika ITS terutama Bapak Muhtadin dan Bapak Hilman Fatoni Sebagai pembimbing dan pendamping di Lab Robot Cerdas Pusat Robotika ITS.
5. Tim KRI ITS terutama tim Tim KRSTI VI-ROSE mulai dari Fahad, Fikri, Tommy, Anggi, dan Sandro serta Tim KRSBI ICHIRO mulai dari arifin, ardi, uti, dani, reza, rizal dan satria yang selalu mendampingi dalam mengerjakan tugas akhir ini.
6. Teman – teman UKM Robotika ITS yang selalu menemani dalam canda dan tawa di Pusat Robotika ITS.
7. Dia sebagai pendamping di masa depan kelak yang akan menemani hari-hariku nanti.
8. Keluarga besar laboratorium B202 yang telah ikut memberi semangat, canda tawa, dan saling berbagi ilmu.
9. Teman-teman S1-Teknik Elektro yang telah menyumbangkan sedikit cerita kepada kehidupan penulis .
10. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak hal yang perlu diperbaiki. Saran, kritik dan masukan baik dari semua pihak sangat membantu penulis terutama untuk berbagai kemungkinan pengembangan lebih lanjut.

Surabaya, Juni 2016

Muhammad Nur Abidin  
2212100051



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi .....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Relevansi.....	4
<b>BAB II TEORI PENUNJANG.....</b>	<b>5</b>
2.1 Robot.....	5
2.2 Robot Humanoid.....	6
2.2.1 Robot Humanoid Tipe KHR-3HV.....	6
2.2.2 Sistem Pergerakan dan Persendiaan .....	7
2.2.3 Sistem Pengaturan Gerak Servo .....	8
2.3 Sistem Keseimbangan .....	9
2.3.1 <i>Zero Momment Point (ZMP)</i> .....	10
2.3.2 Girooskop.....	10
2.3.3 Akselerometer .....	12
2.3.4 6 – Axis MPU-6050 .....	12
2.3.5 Inertial measurement unit (IMU).....	13
2.3.6 Konsep magdwick AHRS .....	14
2.4 Mikrokontroler Stm32f103c8t6 .....	15
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM .....</b>	<b>17</b>
3.1 Diagram Blok Sistem .....	17

3.2	Perancangan Sistem Elektrik dan Mekanik .....	18
3.2.1	Perancangan Sistem Mekanik Robot Humanoid.....	18
3.2.2	Perancangan Sistem Elektrik Robot Humanoid .....	20
3.3	Perancangan Sistem Gerakan Robot.....	22
3.4	Perancangan Gerak Topeng Betawi yang akan Diimplementasikan .....	24
3.5	Perancangan Sistem Keseimbangan .....	29
3.6	Perancangan Respon Robot Humanoid terhadap Suara .....	34
3.7	Perancangan Sistem Pemantauan Kinerja Sensor .....	35
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS .....</b>		<b>37</b>
4.1	Pengujian Motor Servo KRS-2552 .....	37
4.1.1	Pengujian Bagian lengan kanan .....	37
4.1.2	Pengujian bagian lengan kiri .....	38
4.1.3	Pengujian bagian kaki kanan.....	40
4.1.4	Pengujian bagian kaki kiri.....	42
4.2	Pengujian Sensor MPU-6050.....	44
4.2.1	Pengujian Terhadap sudut Roll .....	44
4.2.2	Pengujian terhadap Sudut Pitch .....	45
4.2.3	Pengujian semua sudut saat diam di tempat.....	46
4.3	Pencarian titik maksimal dari robot .....	48
4.4	Pengujian Keseimbangan Robot.....	50
4.4.1	Pengujian Keseimbangan Robot tanpa kontrol dari Sensor.....	50
4.4.2	Pengujian Keseimbangan Robot dengan Kontrol dari Sensor .....	53
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>57</b>
5.1	Kesimpulan .....	57
5.2	Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>59</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>61</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Robot Industri ABB .....	5
<b>Gambar 2. 2</b>	Perkembangan Robot Humanoid Asimo .....	6
<b>Gambar 2. 3</b>	Robot Humanoid KHR-3HV .....	7
<b>Gambar 2. 4</b>	Motor Servo KRS-2552HV .....	8
<b>Gambar 2. 5</b>	Sistem Pengaturan Servo Serial .....	8
<b>Gambar 2. 6</b>	Sistem Penaturan servo secara PWM .....	9
<b>Gambar 2. 7</b>	Kontroller Servo RCB-4HV .....	9
<b>Gambar 2. 8</b>	Sistem <i>Zero Mommment Point</i> (ZMP).....	10
<b>Gambar 2. 9</b>	Sistem Kerja giroskop.....	11
<b>Gambar 2. 10</b>	Sistem MEMS akselerometer .....	12
<b>Gambar 2. 11</b>	Sensor MPU-6050 .....	13
<b>Gambar 2. 12</b>	Posisi sudut Putar IMU .....	14
<b>Gambar 2. 13</b>	Diagram kerja algoritma Magwick AHRS.....	14
<b>Gambar 2. 14</b>	Mikrokontroller STM32f103c8t6 .....	15
<b>Gambar 2. 15</b>	Diagram sistem STM32f103c8t6 .....	15
<b>Gambar 3. 1</b>	Blok sistem kerja robot untuk menari .....	17
<b>Gambar 3. 2</b>	Desain Mekanik Robot .....	18
<b>Gambar 3. 3</b>	Realisasi pengalamatan ID robot Humanoid .....	19
<b>Gambar 3. 4</b>	Realisasi robot yang digunakan .....	20
<b>Gambar 3. 5</b>	Sistem komunikasi elektrik robot .....	21
<b>Gambar 3. 6</b>	Rangkaian amplifier untuk audio bluetooth .....	22
<b>Gambar 3. 7</b>	Sistem pengalamatan servo pada robot dan penentuan <i>offset</i> sudut pada servo .....	22
<b>Gambar 3. 8</b>	Sistem pemberian posisi pada salah satu buffer pos .....	23
<b>Gambar 3. 9</b>	sistem penggabungan gerakan yang diinginkan.....	24
<b>Gambar 3. 10</b>	Lapangan yang digunakan untuk menari .....	25
<b>Gambar 3. 11</b>	Gerakan sembah pembuka .....	25
<b>Gambar 3. 12</b>	Gerakan kewer .....	26
<b>Gambar 3. 13</b>	Gerakan Selancar .....	27
<b>Gambar 3. 14</b>	Gerakan cendol Hijau .....	27
<b>Gambar 3. 15</b>	Gerakan Pak Blang .....	28
<b>Gambar 3. 16</b>	Gerakan Gibang .....	29
<b>Gambar 3. 17</b>	Gerakan sembah penutup .....	29
<b>Gambar 3. 18</b>	Sistem keseimbangan dari robot .....	30
<b>Gambar 3. 19</b>	Diagram pengaturan srespon terhadap sudut roll .....	30
<b>Gambar 3. 20</b>	Letak Servo ID 1 .....	31

<b>Gambar 3. 21</b>	Letak Servo ID 9 .....	31
<b>Gambar 3. 22</b>	Grafik Respon terhadap error sudut roll .....	31
<b>Gambar 3. 23</b>	Diagram pengaturan srespon terhadap sudut pitch .....	32
<b>Gambar 3. 24</b>	Posisi Servo ID 6 .....	33
<b>Gambar 3. 25</b>	Grafik Respon terhadap error sudut pitch .....	33
<b>Gambar 3. 26</b>	Algoritma gerak robot humanoid .....	34
<b>Gambar 3. 27</b>	Tampilan sistem monitoring robot .....	35
<b>Gambar 4. 1</b>	Bagian pengujian servo tangan kanan .....	37
<b>Gambar 4. 2</b>	bagian servo tangan kiri .....	39
<b>Gambar 4. 3</b>	Bagian Pengujian servo bagian kaki kanan .....	41
<b>Gambar 4. 4</b>	Bagian Pengujian servo bagian kaki kiri .....	43
<b>Gambar 4. 5</b>	Pembacaan Sudut IMU .....	47
<b>Gambar 4. 6</b>	Pembacaan data giroskop .....	47
<b>Gambar 4. 7</b>	Pembacaan data akselerometer .....	47
<b>Gambar 4. 8</b>	Posisi maksimum robot ke depan tanpa jongkok .....	48
<b>Gambar 4. 9</b>	Posisi maksimum robot ke belakang .....	49
<b>Gambar 4. 10</b>	Posisi robot maksimum de depan dengan jongkok .....	49
<b>Gambar 4. 11</b>	Posisi robot maksimum ke belakang dengan jongkok .....	50
<b>Gambar 4. 12</b>	Pembacaan sudut IMU pada robot yang belum bergerak tanpa kontrol dengan sensor .....	51
<b>Gambar 4. 13</b>	Pembacaan Giroskop pada robot yang belum bergerak tanpa kontrol dengan sensor .....	51
<b>Gambar 4. 14</b>	Pembacaan akselerometer pada robot yang belum bergerak tanpa kontrol dengan sensor .....	51
<b>Gambar 4. 15</b>	Pembacaan sudut IMU pada robot saat menari tanpa kontrol dari sensor .....	52
<b>Gambar 4. 16</b>	Pembacaan data giroskop pada robot saat menari tanpa kontrol dari sensor .....	52
<b>Gambar 4. 17</b>	Pembacaan data akselerometer pada robot saat menari tanpa kontrol dari sensor .....	53
<b>Gambar 4. 18</b>	Pembacaan sudut IMU pada robot yang belum bergerak dengan kontrol dari sensor .....	54
<b>Gambar 4. 19</b>	Pembacaan Giroskop pada robot yang belum bergerak dengan kontrol dari sensor .....	54
<b>Gambar 4. 20</b>	Pembacaan akselerometer pada robot yang belum bergerak dengan kontrol dari sensor .....	54
<b>Gambar 4. 21</b>	Pembacaan sudut IMU pada robot saat menari dengan kontrol dari sensor .....	55

<b>Gambar 4. 22</b>	Pembacaan data giroskop pada robot saat menari dengan kontrol dari sensor .....	55
<b>Gambar 4. 23</b>	Pembacaan data akselerometer pada robot saat menari dengan kontrol dari sensor .....	56

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4. 1</b> Hasil pengujian servo bagian tangan kanan.....	38
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil pengujian servo bagian tangan kiri .....	39
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil pengujian servo bagian tangan kanan.....	41
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil pengujian servo bagian tangan kiri .....	43
<b>Tabel 4. 5</b> Pengujian Sensor terhadap sudut roll .....	45
<b>Tabel 4. 6</b> Pengujian Sensor terhadap sudut pitch .....	46

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi juga berkembang secara pesat. Salah satunya yaitu teknologi di bidang robotika. Saat ini robot mulai banyak diaplikasikan untuk kehidupan sehari-hari, mulai dari industri, rumah tangga, dan juga hiburan. Untuk bidang industri, robot digunakan sebagai pekerja yang menyelesaikan tugas-tugas yang berat dengan cepat dan tepat seperti pengelasan, pemasangan komponen yang kecil dan juga lain sebagainya. Sengankan pada rumah tangga, robot kebanyakan digunakan sebagai pelayan kebersihan rumah secara otomatis.

Salah satu jenis robot yang berkembang seara pesat saat ini adalah robot yang melayani bidang kesehatan dan juga robot humanoid. Robot humanoid merupakan robot yang bentuknya menyerupai manusia secara umum dan memiliki pergerakan seperti manusia pada umumnya seperti berjalan, berdiri dan juga lain sebagainya. Saat ini banyak negara di dunia berlomba-lomba dalam menciptakan robot humanoid yang memiliki kecerdasan sama seperti manusia dan mampu diaplikasikan secara benar. Salah satunya yang sudah sanga cangih merupakan robot asimo. Robot ini memeiliki kecerdasan, gerakan dan perilaku menyerupai manusia sungguhan dan bisa dikatakan cukup sempurna.

Di Indonesia sendiri, perkembangan robot humanoid kebanyakan masih dalam ukuran kecil (*kids size*) dan digunakan untuk perlombaan seperti robot sepakbola dan robot seni tari. Robot humanoid yang digunakan untuk seni selama ini yang sudah dibuat masih memiliki banyak kekurangan, mulai dari keseimbangan untuk gerakan dan juga keseimbangan untuk jalannya. Selain itu masih banyaknya robot yang terjatuh saat menari dan juga berjalan.

Oleh karena iu perlu dibuat suatu system yang mampu membuat robot mampu bergerak secara bagus dan seimbang serta tidak mudah terjatuh walaupun dengan adanya beberapa gangguan. Maka diajukanlah proposal tugas akhir ini dengan harapan dapat menutupi kekurangan pada robot humanoid seni yang selama ini masih memiliki keseimbangan yang kurang bagus.

## 1.2 Permasalahan

Bedasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah, antara lain :

1. Bagaimana merancang robot humanoid yang mampu mengimplementasikan gerakan penari topeng betawi?
2. Bagaimana mengatur keseimbangan gerak robot agar tidak mudah terjatuh?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Terciptanya robot humanoid yang mampu menari dengan keseimbangan dan arah gerak yang seperti penari sungguhan.
2. Mengatasi masalah pada robot penari yang selama ini masih belum stabil dalam gerakannya dan seringnya terjatuh.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Robot melakukan gerakan tari dengan musik sebagai *enable* gerak dan musik dikirimkan melalui *bluetooth*.
2. Robot hanya melakukan gerakan tari topeng betawi.

## 1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini dilakukan pengumpulan teori penunjang untuk penelitian tugas akhir ini. Teori penunjang diambil dari artikel-artikel paper dan forum-forum diskusi.

2. Perancangan Sistem

Setelah selesai melakukan penelaahan teori-teori selanjutnya dilakukan perancangan pada sistem yang akan dibuat. Perancangan ini dimaksudkan agar terciptanya sistem yang bagus dan mampu menyesuaikan dengan kondisi yang diinginkan. Mulai dari perancangan secara *software* dan perancangan secara *hardware*, sistem gerak tari, pembacaan sensor dan juga sistem pengaturannya dengan sensor-sensor yang digunakan.



3. Pembuatan Hardware

Setelah selesai melakukan perancangan sistemnya, selanjutnya dilakukan pembuatan hardware yang akan digunakan pada tugas akhir ini. Hardware yang dibuat sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya. Setelah selesai, selanjutnya yaitu mengimplementasikan kinerja dan kontrol-kontrolnya. Hardware yang dibuat meliputi mekanik dari robot, sistem elektrik dan sensor serta peletakan sensor dan mikrokontrollernya.

4. Pengujian Sistem Kerja Alat

Pengujian alat dilakukan untuk menentukan keandalan dari sistem yang telah dirancang dan diimplementasikan. Dalam tahap ini dilakukan pencatatan hasil dari kerja seluruh sistem yang ada. Mulai dari pembacaan nilai dari sensor dan juga respon dari robot yang digunakan.

5. Analisa dan Evaluasi

Setelah alat sudah dilakukan pengujian, tahap selanjutnya yaitu melakukan analisa dan evaluasi. Analisa ini dimaksudkan agar alat yang dibuat sesuai tidak dengan yang diinginkan sebelumnya dan menganalisa sistem secara keseluruhan. Setelah itu dilakukan evaluasi dari seluruh sistem yang sudah dibuat agar mampu tercipta alat yang sangat baik dan bagus.

6. Kesimpulan dan Penulisan Tugas Akhir

Setelah semua kegiatan sudah dilakukan, selanjutnya menarik kesimpulan dari data dan percobaan yang sudah dilakukan. Setelah didapat kesimpulan, selanjutnya semua pekerjaan yang sudah dikerjakan ditulis pada laporan tugas akhir. Tahap penulisan laporan tugas akhir adalah tahapan terakhir dari proses pengerjaan tugas akhir ini. Laporan tugas akhir berisi seluruh hal yang berkaitan dengan tugas akhir yang telah dikerjakan yaitu meliputi pendahuluan, teori dasar, perancangan sistem, pengujian alat, dan kesimpulan dan saran.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab, yaitu pendahuluan, teori penunjang, perancangan sistem, pengujian dan analisis, serta penutup.

## BAB I PENDAHULUAN

Bab ini meliputi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

## BAB II TEORI PENUNJANG

Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang meliputi teori dasar robot Humanoid, komponen mekanik dan elektriknya, sensor dan sistem keseimbangan yang digunakan.

## BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan robot yang akan digunakan mulai dari elektrik, mekanik dan juga kontrol sistemnya. Serta diberikan juga penjelasan tentang gerakan-gerakan apa saja yang akan dibuat.

## BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari pengujian tiap blok sistem secara keseluruhan.

## BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

### **1.7 Relevansi**

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai alat untuk mengenalkan tarien topeng betawikepada generasi muda agar lebih tertarik.
2. Sebagai robot untuk perlombaan Kontes Robot Indonesia divisi Kontes Robot Seni tari Indonesia.

## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG**

#### **2.1 Robot**

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Istilah robot berawal bahasa Cheko “*robota*” yang berarti pekerja atau kuli yang tidak mengenal lelah atau bosan. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. Biasanya kebanyakan robot industri digunakan dalam bidang produksi. Penggunaan robot lainnya termasuk untuk pembersihan limbah beracun, penjelajahan bawah air dan luar angkasa, pertambangan, pekerjaan "cari dan tolong" (*search and rescue*), dan untuk pencarian tambang. Belakangan ini robot mulai memasuki pasaran konsumen di bidang hiburan, dan alat pembantu rumah tangga, seperti penyedot debu, dan pemotong rumput.[1]

Saat ini hampir tidak ada orang yang tidak mengenal robot, namun pengertian robot tidaklah dipahami secara sama oleh setiap orang. Sebagian membayangkan robot adalah suatu mesin tiruan manusia (humanoid), meski demikian humanoid bukanlah satu-satunya jenis robot.

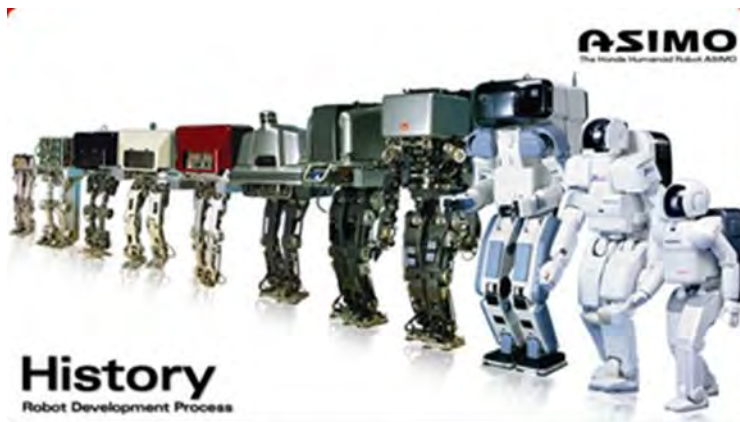


**Gambar 2. 1** Robot Industri ABB

## 2.2 Robot Humanoid

Robot Humanoid adalah robot yang bentuk dan struktur tubuhnya dibentuk menyerupai bentuk tubuh manusia, mulai dari lengan tangan, kaki dan juga kepala. Posisi-posisi sendi gerak pada robot humanoid mengadaptasi pada bagian sendi manusia.

Saat ini perkembangan robot humanoid banyak berkembang pesat di dunia. Penggunaannya mulai dari untuk hiburan, untuk militer dan sebagainya. Untuk robot humanoid tercanggih saat ini adalah robot ashimo buatan dari honda. Robot ini mampu berinteraksi dengan orang lain dan mampu berjalan menaiki tangga layaknya manusia.



**Gambar 2. 2** Perkembangan Robot Humanoid Asimo

### 2.2.1 Robot Humanoid Tipe KHR-3HV

Robot Humanoid Tipe KHR-3HV merupakan robot humanoid yang diproduksi dari Jepang yang diproduksi oleh perusahaan yang bernama Kondo Kagaku co., Robot humanoid ini memiliki desain awal sebanyak 17 buah Degree of Freedom( DoF) berupa Servo serial. Kemudian desain robot ini dikembangkan agar mampu melakukan gerakan yang lebih beragam menjadi 25 sendi gerak dengan berupa 21 servo serial dan 4 buah servo analog dengan kendali menggunakan Pulse Modulation Width (PWM).

Secara umum di Jepang, robot humanoid jenis KHR-3HV digunakan untuk robot battle (Robot Petarung) dengan kendali secara manual menggunakan remote control. Selain itu, robot ini memiliki

kemampuan untuk menyimpan gerakannya dan juga bisa digunakan untuk bermain sepakbola.



**Gambar 2. 3** Robot Humanoid KHR-3HV

### **2.2.2 Sistem Pergerakan dan Persendiaan**

Sistem pergerakan dan persendiaan robot KHR-3HV menggunakan motor servo. Motor servo merupakan aktuator gerak secara rotasi yang dirancang dengan pengaturan close loop (umpan balik), sehingga dapat ditentukan atau dikendalikan posisi sudut dari porosnya. Bagian dalam dari motor servo terdiri dari beberapa gear, rangkain dan potensiometer. Rangkaian dan potensiometer digunakan untuk mengatur umpan balik kendalinya dan juga digunakan untuk menentukan batas posisi putaran servonya. Gear pada motor servo digunakan untuk mengatur torsi dari servonya itu sendiri.

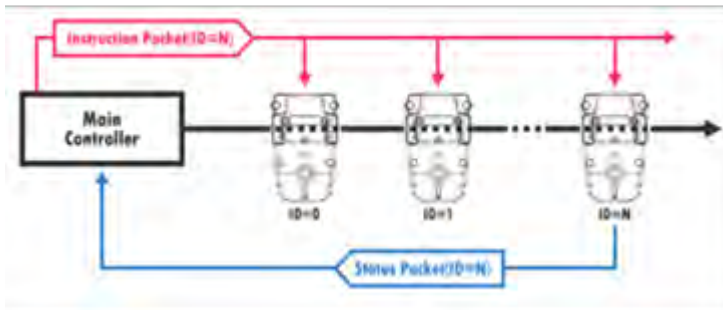
Jenis servo yang digunakan pada robot KHR-3HV adalah servo KRS-2552HV. Servo ini dikontrol dengan sistem komunikasi serial. Sistem ini memudahkan sistem pengkabelan karena dalam sistem serial antar servo dapat dijadikan penghubung



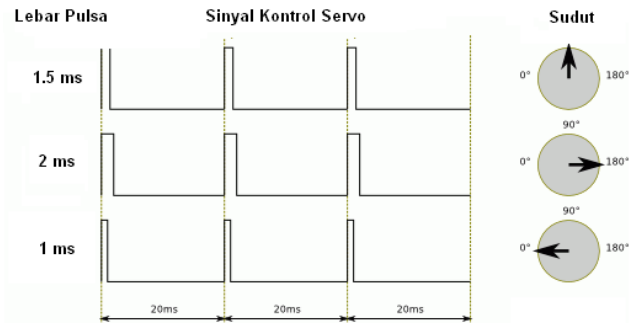
**Gambar 2. 4** Motor Servo KRS-2552HV

### 2.2.3 Sistem Pengaturan Gerak Servo

Setiap servo memiliki sistem pengaturannya sendiri-sendiri. Ada dua jenis pengaturan servo, yaitu secara komunikasi serial dan secara analog. Sistem dengan komunikasi serial didesain dengan mengirimkan memberikan alamat pada tiap motor servo dan untuk pengaturannya dengan mengirimkan alamat servo dan posisi servonya. Selain itu juga bisa untuk mendapatkan parameter-parameter yang ada di dalam servo tersebut, misalnya sudut angular dari servo dan juga torsi yang ditahan, bahkan hingga suhu dalam servo tersebut. Servo yang memiliki karakteristik tersebut adalah servo serial dinamixel dan juga servo serial KRS. Sedangkan servo dengan pengaturan analog menggunakan pulse modulation width (pwm). Frekuensi yang diperlukan adalah 50 Hz (Periode 20 ms).

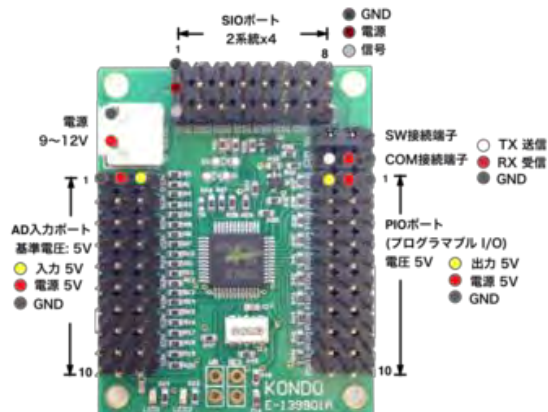


**Gambar 2. 5** Sistem Pengaturan Servo Serial



**Gambar 2. 6** Sistem Penaturan servo secara PWM

Untuk servo KRS-2552HV sistem pengaturannya menggunakan sistem komunikasi serial. Kontroller yang digunakan untuk mengatur gerakan servonya adalah RCB-4HV. Controller ini memiliki 2 output serial servo dan memiliki 10 input analog serta GPIO sebanyak 10 juga. Kontroller ini merupakan kontroller bawaan dari robo Humanoid KHR-3HV.



**Gambar 2. 7** Kontroller Servo RCB-4HV

## 2.3 Sistem Keseimbangan

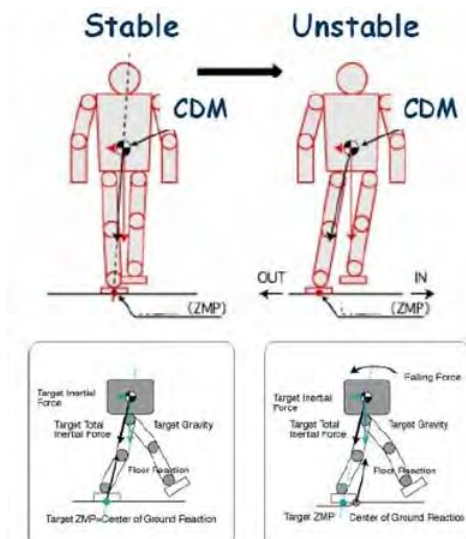
Setiap robot humanoid memiliki sistem keseimbangan yang digunakan untuk menstabilkan pergerakannya agar tidak terjatuh maupun dapat bergerak pada bidang yang tidak datar. Sistem keseimbangan dari

robot humanoid yang akan dibuat tergantung dari beberapa aspek, yaitu sebagai berikut :

### 2.3.1 Zero Moment Point (ZMP)

*Zero Moment Point (ZMP)* adalah sebuah konsep yang berkaitan dengan dinamika dan kontrol penggerak berkaki, misalnya, untuk robot humanoid. Penentuan titik nol ini berhubungan dengan yang gaya reaksi yang dinamis pada bagian kaki dengan bagian alas yang selalu ada pada setiap saat dalam arah horizontal, yaitu titik di mana total inersia dan gravitasi horizontal sama dengan 0 (nol). Konsep ini mengasumsikan bidang kontak adalah planar dan memiliki gesekan yang cukup tinggi untuk menjaga kaki tergelincir.

Titik koordinat dari ZMP sendiri ditentukan oleh posisi kaki dan ditinjau terhadap pusat massanya (Center of Gravity). Pusat massa ini diberikan sensor gyroscope untuk menentukan reaksi dari kerja sistemnya.



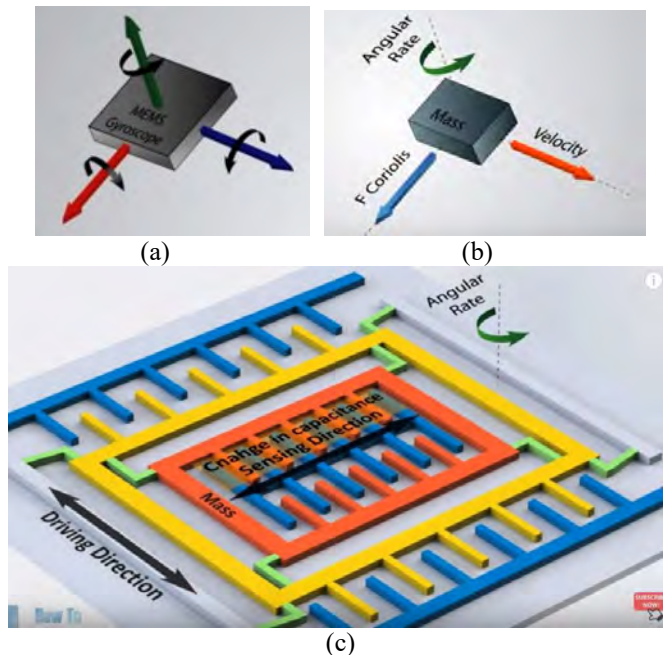
**Gambar 2. 8** Sistem Zero Moment Point (ZMP)

### 2.3.2 Giroskop

Giroskop adalah berupa sensor keseimbangan untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi



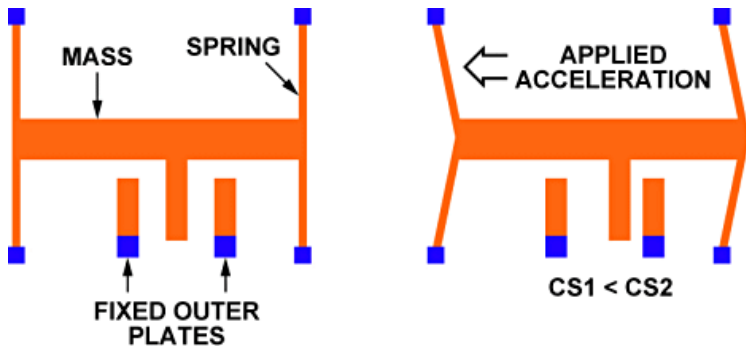
dengan cepat pada sumbu putar. Giroskop bisa mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna. Setiap adanya perubahan posisi dari sistemnya maka akan memberikan perbedaan posisi sudut dari posisi awalnya. Sebuah giroskop akan merespon setiap gerakan yang ada dan memberikan perbedaan dengan posisi awalnya. Cara kerja dari giroskop tergantung pada momentum sudut. Untuk perangkat elektronik, sebuah giroskop menggunakan *micro electro-mechanical systems* (MEMS). MEMS sendiri adalah sensor mekanik yang dikemas kecil dalam sebuah *Integrated Circuit* (IC) yang berukuran kecil. Sistem kerja dari MEMS sendiri adalah dengan respon dari *capacitive sensor* dimana dengan posisi tertentu akan menggambarkan perubahan kapasitansinya dan mengakibatkan perubahan pada nilai sensornya.



**Gambar 2. 9** Sistem Kerja giroskop  
 (a) orientasi mems giroskop terhadap sudut putar,  
 (b) orientasi gerak sebuah giroskop  
 (c) perangkat MEMS pada IC

### 2.3.3 Akselerometer

Perangkat yang berfungsi untuk mengukur akselerasi tepat. Akselerasi tepat yang diukur dengan akselerometer belum tentu memiliki ketepatan koordinat (laju perubahan velositas). Sebaliknya, akselerometer melihat akselerasi terkait dengan fenomena berat yang dialami oleh massa uji pada kerangka acuan perangkat akselerometer. Sebagai contoh, akselerometer di permukaan bumi akan mengukur akselerasi  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  lurus ke atas karena beratnya. Istilah lainnya untuk jenis akselerasi yang bisa diukur oleh akselerometer adalah akselerasi gaya. Akselerometer memiliki berbagai aplikasi dalam bidang industri dan sains. Akselerometer yang sangat sensitif digunakan sebagai komponen sistem yang bekerja secara inersia. Akselerometer juga digunakan untuk mendeteksi dan memonitor getaran pada mesin putar. Seperti halnya giroskop, perangkat elektronik dari akselerometer juga menggunakan prinsip MEMS. Tetapi perbedaannya adalah pada sisi penyebabnya, jika giroskop pada posisi sedangkan akselerometer terhadap getaran/respon gerak. Dari sini dapat digambarkan bahwa perubahan kapasitansi mengakibatkan perubahan tegangan pada sensor output sehingga perubahan kapasitansi berbanding lurus dengan percepatan getaran.



**Gambar 2. 10** Sistem MEMS akselerometer

### 2.3.4 6 – Axis MPU-6050

6 axis mpu 6050 merupakan sensor yang berisi gyroscope dan accelerometer. Sensor ini merupakan produk dari spark-fun dan juga mudah dalam penggunaannya. Data gyro maupun accelerometer yang berasal dari sensor ini kemudian dibaca dan mampu dibuat untuk menghasilkan sudut putarnya, tetapi sudut putarnya dibatasi oleh arah. Hal ini dikarenakan mpu-6050 tidak memiliki magnetometer yang akhirnya

mengakibatkan tidak bisa memperoleh orientasi arah (yaw). Berikut tampilan sensor mpu-6050.

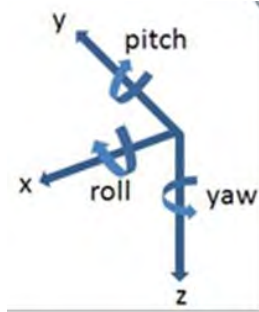


**Gambar 2. 11** Sensor MPU-6050

### **2.3.5 Inertial measurement unit (IMU)**

Inertial Measurement Unit atau biasa disingkat IMU, adalah sebuah unit/alat elektronik/sensor yang digunakan untuk menentukan/mengukur sudut roll, sudut pitch dan sudut yaw. IMU memerlukan sensor-sensor seperti gyro, accelerometer, maupun magnetometer. Sensor Gyro digunakan utk mengukur (sensing) kecepatan putar sudut roll (roll rate  $p$ ), kecepatan putar sudut pitch (pitch rate  $q$ ) dan kecepatan putar sudut yaw (yaw rate  $r$ ). Kecepatan putaran adalah perubahan sudut terhadap waktu. Accelerometer digunakan untuk mengukur percepatan sebuah benda yang bergerak.

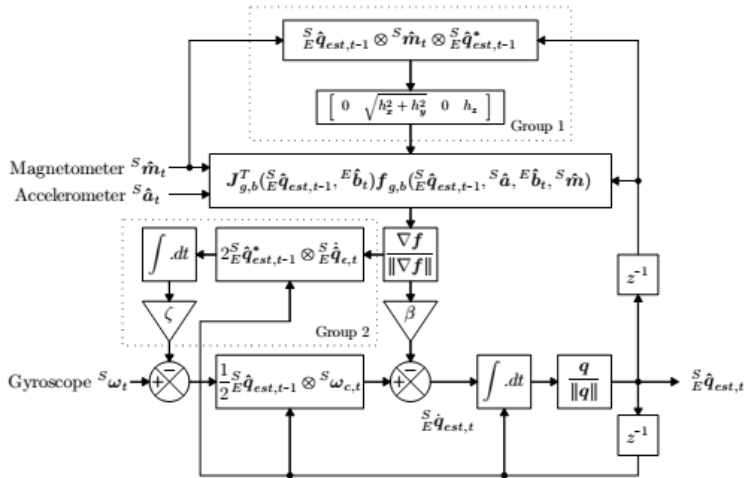
Untuk mendapatkan sistem IMU salah satu algoritma yang mampu digunakan adalah algoritma Madgwick AHRS (*attitude and heading reference system*). Algoritma Madgwick AHRS sendiri merupakan metode yang digunakan untuk proses orientasi dari sensor IMU dengan menggunakan algoritma gradient decent untuk mengestimasi nilai orientasi dari ketiga sumbu yang ada, baik pada giroskop, akselerometer maupun magnetometer. Dimana diketahui bahwa nilai data pada IMU mempunyai pergeseran (drift). Pergeseran nilai ini adalah pergeseran nilai derajat IMU (roll, pitch, dan yaw) dari sudut awal.



**Gambar 2. 12** Posisi sudut Putar IMU

### 2.3.6 Konsep magdwick AHRS

Konsep dasar dari Magwick AHRS adalah mencari antara relatiye frame atau yang biasa disebut perpindahan frame. Contoh dapat dilihat pada gambar di atas frame A relatiye terhadap frame B. Dimana nilai perpindahan frame A ke frame B dapat direpresentasikan dalam



**Gambar 2. 13** Diagram kerja algoritma Magwick AHRS

Pada gambar 2.13 dijelaskan alur dari metode madgwick. Untuk mengetahui representasi pergeseran *frame* berdasarkan sumbu garis normal gravitasi bumi menggunakan persamaan *gradient decent*. Program untuk menentukan dan mendapatkan sistem IMU terdapat pada lampiran. Program yang digunakana adalah basis program C++.

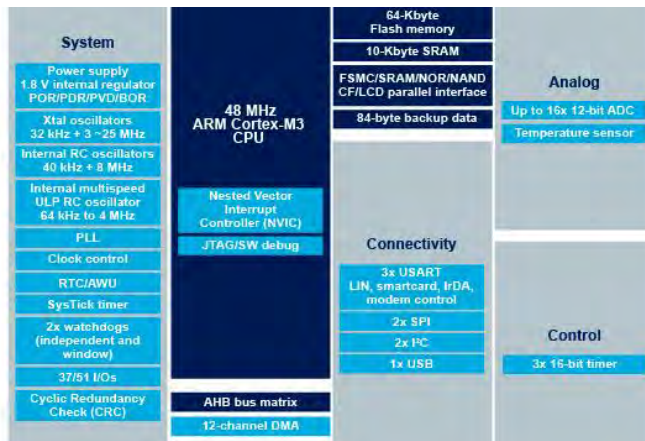
yang digunakan ini menggunakan 2 buah masukan, yaitu berupa data *raw* giroskop sebagai data utama dan juga data *raw* dari akselerometer sebagai data kompensasi dalam penentuan IMUnya.

## 2.4 Mikrokontroler Stm32f103c8t6

Stm32f103c8t6 merupakan sebuah mikrokontroler berbasis ARM(*Advanced RISC Machines*) yang diproduksi oleh perusahaan ST microelectronics. Board STM32f103 ini memiliki beberapa kelebihan, salah satunya lebih powerfull dan ukurannya yang kecil juga membuatnya lebih mudah dalam pemasangannya. Selain itu tingkat kecepatan prosesnya jauh lebih cepat daripada produk dari atmel atau yang sering disebut atmega. Eberikut gambar/tampilan dari stm32f103 ini. Untuk spesifikasinya diagram rankaiannya adalah sebagai berikut :



**Gambar 2. 14** Mikrokontroler STM32f103c8t6



**Gambar 2. 15** Diagram sistem STM32f103c8t6

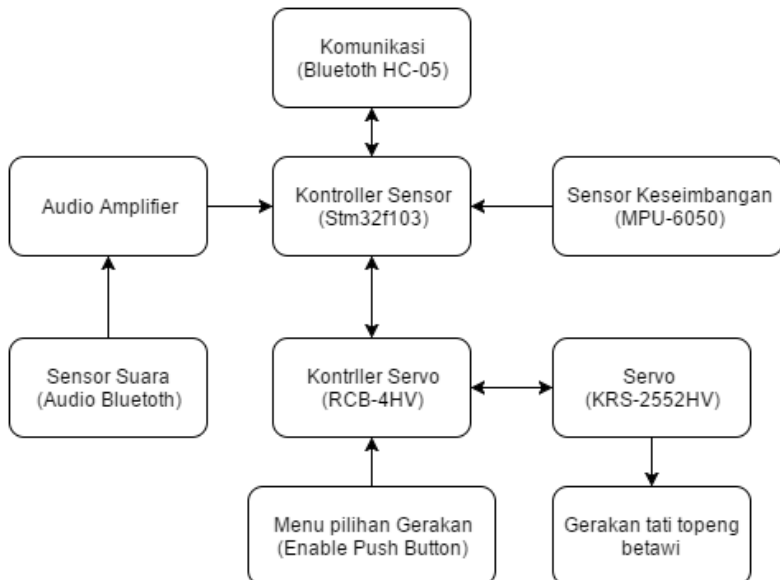
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem keseimbangan robot humanoid dengan gyroscope untuk melakukan gerakan penari topeng betawi yakni terdiri dari perancangan sistem keseluruhan, perancangan elektrik dan mekanik robot humanoid, perancangan gerakan Tarian Topeng Betawi, perancangan sistem keseimbangan, perancangan respon terhadap suara dan sistem komunikasinya dan perancangan sistem monitoring. Dalam perancangan semua sistem saling terkait antara satu dengan yang lainnya.

### 3.1 Diagram Blok Sistem

Sistem dari Robot Humanoid tari topeng betawi ini terdiri dari Servo, sensor keseimbangan, kontroller servo, kontroller untuk sensor, sensor suara (audio *bluetooth*), audio amplifier, tombol dan bluetototh. Berikut diagram sistem dari keseluruhan kerja robot yang digunakan untuk menari :



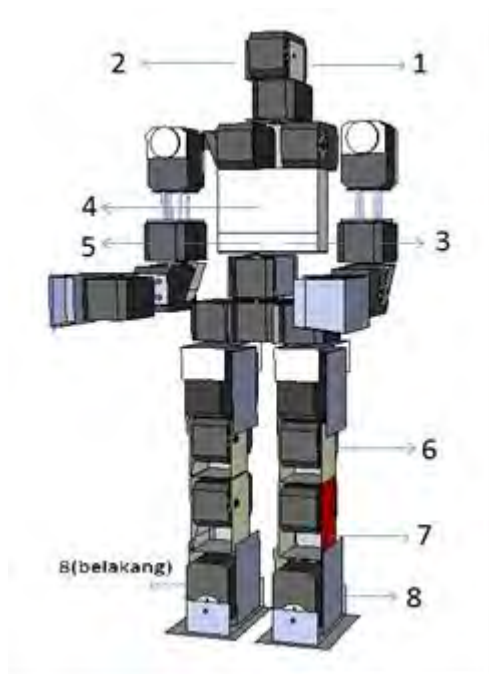
**Gambar 3. 1** Blok sistem kerja robot untuk menari

### 3.2 Perancangan Sistem Elektrik dan Mekanik

Robot humanoid yang digunakan memiliki 2 komponen utama, yaitu sistem mekanik dan elektrik. Sistem mekanik terdiri dari desain robot yang digunakan yang bagiannya meliputi rangka, sambungan, servo, dan juga peletakkan sensor serta komponen-komponen yang digunakan. Sedangkan sistem elektrik terdiri dari sistem komunikasi antar komponen dan kontroller dengan sensor serta dengan sistem mekaniknya.

#### 3.2.1 Perancangan Sistem Mekanik Robot Humanoid

Desain mekanik robot humanoid yang digunakan untuk menari adalah sebagai berikut :



**Gambar 3. 2** Desain Mekanik Robot

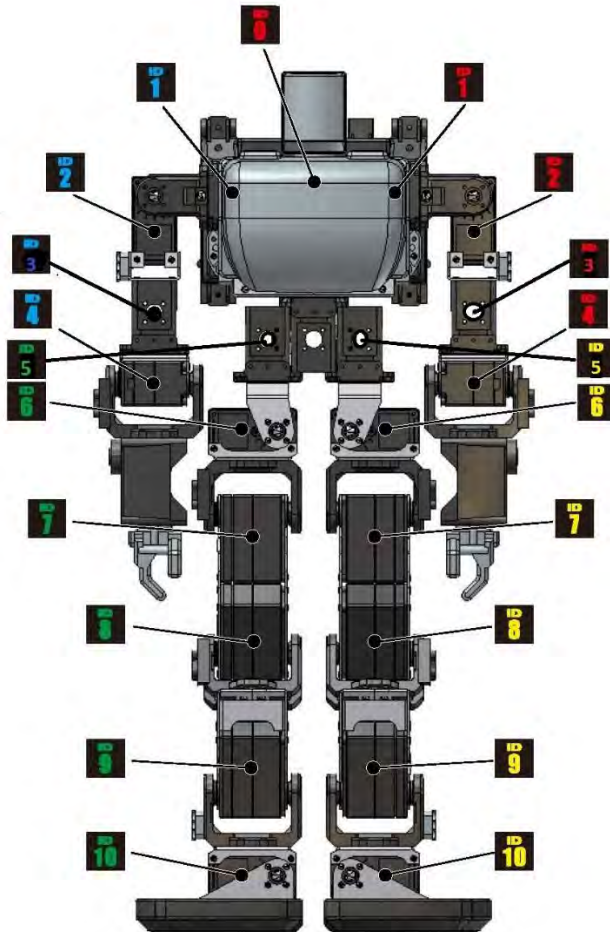
Keterangan :

1. Bluetooth (DFRobot V3)
2. Audio bluetooth
3. Gyro MPU-6050



4. Kontroller RCB-4HV dan STM32F103
5. Baterai Lipo 3 cell/11v
6. Servo KHS-2552HV
7. Sambungan Servo
8. Kaki (akrilik)

Sistem pengalaman ID robot humanoid yang digunakan adalah sebagai berikut :



**Gambar 3. 3** Realisasi pengalaman ID robot Humanoid

Robot yang didesain direalisasikan sebagai berikut :

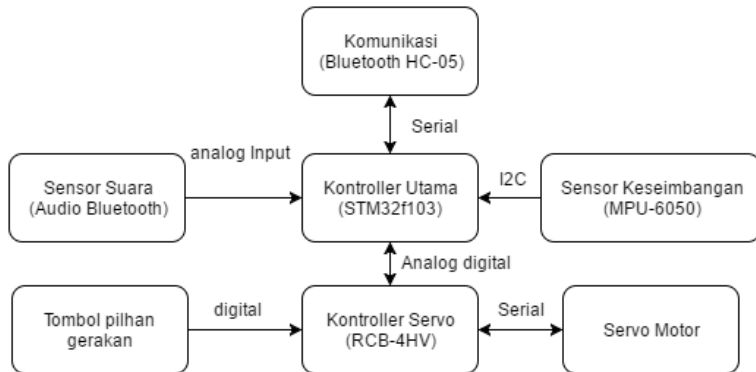


**Gambar 3. 4** Realisasi robot yang digunakan

### **3.2.2 Perancangan Sistem Elektrik Robot Humanoid**

Perangkat elektronik yang digunakan pada robot penari ini adalah meliputi rangkaian amplifier dari audio bluetooth, baterai, kontroller utama servo serial (RCB-3HV), kontroller utama dari sensor dan bluetooth komunikasi(Stm32f103c8t6) dan juga Servo KRS-2552HV serta servo pwm.

Untuk sistem komunikasi perangkat elektroniknya adalah sebagai berikut :



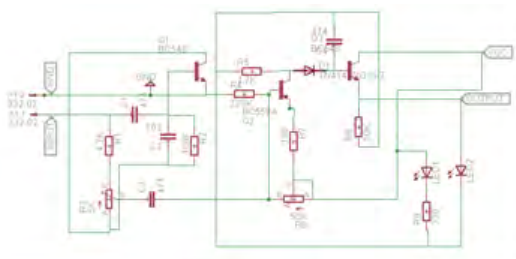
**Gambar 3. 5** Sistem komunikasi elektrik robot

Dari gambar 3.5 diatas, terliha bahwa terdapat kontroller utama berupa STM32f103. Disini tugas dari kontroller ini adalah membaca sensor MPU-6050 secara I2C. Hasil pembacaannya berupa giroskop dan akselerometer serta diolah menjadi IMU melalui algoritma Mardwick AHRS seperti yang dijelaskan pada penjelasan BAB II. Selain itu juga membaca data analog suara yang bersalah dari audio bluetooth. Tetapi data dari audio bluetooth tidak lansung dibaca secara analog, tetapi diberi penguatan terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan data tegangan audio dari audio bluetoth tidak terlalu besar dan harus dikuatkan. Rangkaian penguatannya ada pada gambar 3.6. kerja lainnya yaitu mengirimkan data dari pembacaan sensor MPU-6050 berupa giroskop dan akselerometer yang dikeimkan secara serial dengan bluetooth.

Untuk komunikasi dengan kontroller servonya, kontroller utamnya berkomunikasi secara data digital dan juga analog. Kontroller utama bekerja untuk mengirimkan bahwa saat ini ada musik atau tidak dan juga memerintahkan untuk bergerak saat ada musik dan berhenti saat tidak ada musik.

Kemudian kontroller servonya bekerja secara serial dengan servo-servo yang digunakan. Pengiriman sudut kerja untuk tiap servonya disesuaikan dengan ID / alamat yang pada robot humanoid. Sistem serial ini memudahkan kerja/gerak karena sistem pengkabelan menjadi sederhana dan hanya menyambungkan antar servo saja tanpa perlu

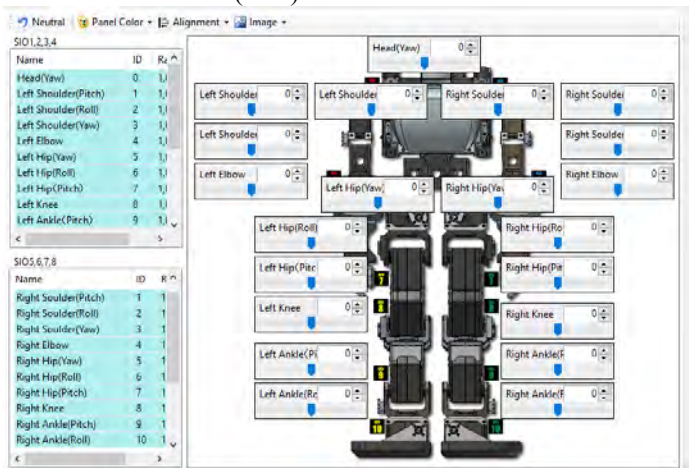
menggunakan kontroller utama untuk mengirimkan datanya melalui kabel.



**Gambar 3. 6** Rangkaian amplifier untuk audio bluetooth

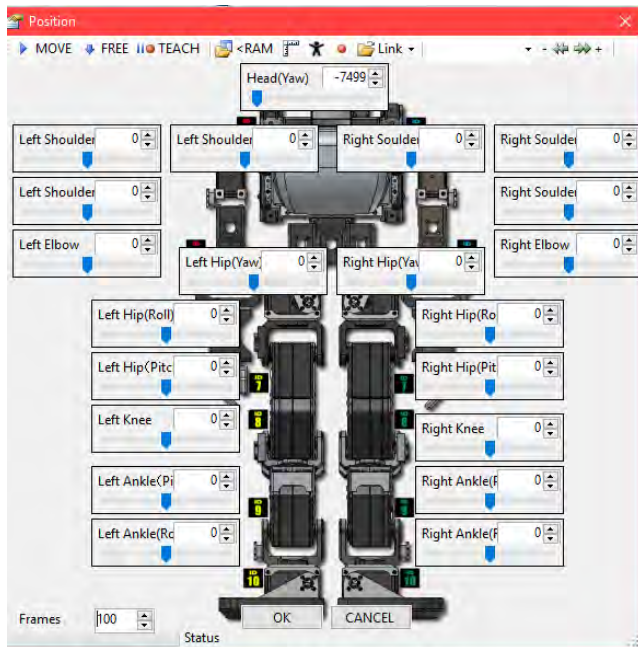
### 3.3 Perancangan Sistem Gerakan Robot

Sistem gerak robot diatur dengan menggerakkan setiap servo motor secara manual. Software yang digunakan adalah heart to heart v2.3. Software ini dapat digunakan untuk menggerakkan tiap servo dengan ID yang sudah ditentukan sendiri. Setiap gerakan yang dirancang disimpan dalam sebuah buffer pos dan kemudian disambungkan dengan buffer pos yang lain hingga tercipta gerakan yang dirancang. Dari setiap buffer pos tersebut juga dapat diatur frame waktu gerak servonya serta mampu juga diatur karakteristik dari servo tersebut. Bisa untuk kecepatan (speed) dan juga bisa untuk kekuatan (torsi).



**Gambar 3. 7** Sistem pengalamanan servo pada robot dan penentuan *offset* sudut pada servo

Dari gambar 3.7 tersebut digunakan untuk menentukan ID alamat dari tiap servo yang ingin digunakan. Sedangkan untuk membuat sebuah gerakan untuk semua servo tinggal dimasukkan sudut-sudut yang sesuai dengan keinginan. Untuk servo KRS-2552HV yang digunakan memiliki sudut putar sebesar  $270^{\circ}$  ( $-135^{\circ}$  sampai  $135^{\circ}$ ). Sedangkan nilai servo yang dimasukkan adalah -7500 sampai 0 untuk nilai servo antara  $-135^{\circ}$  sampai  $0^{\circ}$ . Sedangkan untuk sudut  $0^{\circ}$  sampai  $135^{\circ}$  nilai yang dimasukkan adalah 0 sampai 7500.

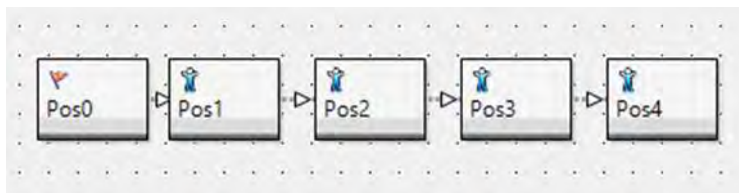


**Gambar 3. 8** Sistem pemberian posisi pada salah satu buffer pos

Sedangkan untuk membuat gerakan yang kompleks, beberapa buffer dari tiap gerakan yang sudah dibuat tadi digabungkan untuk menghasilkan gerakan tari yang kompleks dan diinginkan. Untuk sistem penggabungannya adalah sebagai berikut :

Sedangkan untuk membuat gerakan yang kompleks, beberapa buffer dari tiap gerakan yang sudah dibuat tadi digabungkan untuk menghasilkan

gerakan tari yang kompleks dan diinginkan. Untuk sistem penggabungannya adalah sebagai berikut, dijelaskan pada gambar 3.9.



**Gambar 3. 9** sistem penggabungan gerakan yang diinginkan

### 3.4 Perancangan Gerak Topeng Betawi yang akan Diimplementasikan

Gerakan robot yang akan digunakan adalah gerakan yang sesuai dengan peraturan yang digunakan pada Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) 2016. Mulai dari bentuk lapangan yang akan digunakan untuk menari, zona-zona yang ada pada lapangannya serta seluruh gerakan yang akan digunakan. Pada peraturan yang ada pada tahun ini, lapangan yang digunakan dibagi menjadi 2 buah zona seperti gambar 3.10. yaitu zona A dan zona B. Zona A ukuran lapangannya adalah  $1000 \times 2000 \text{ mm}^2$ , dalam Zona A sendiri terdapat tempat zona A untuk memulai bergerak, yaitu posisi *Start* yang berukuran  $400 \times 400 \text{ m}^2$ . Pada Zona A ini robot akan memulai untuk bergerak saat ada perintah dari musik atau dengan kata lain saat musik mulai dimainkan. Saat musik mulai dimainkan, robot akan melakukan gerakan sembah pembuka, gerak tari kewer, gerakan selancar dan gerakan cendol. Gerakan yang sudah dibuat disesuaikan dengan musik yang dimainkan.

Sedangkan pada Zona B ukuran apangannya adalah sama seperti Zona A, yaitu  $1000 \times 2000 \text{ mm}^2$ . Pada Zona B ini terdapat bagian yang dinamakan daerah penutup. Pada daerah ini robot diharuskan mengakiri gerakannya saat musik sudah berhenti juga. Pada Zona B ini, robot akan melakukan beberapa gerakan tari, yaitu gerak Pak Blang, Gerakan Gibang, Gerakan Cendo Hijau dan juga gerakan sembah penutup. Sama seperti gerakan yang dilakukan pada Zona A, robot yang bergerak menari gerakannya disesuaikan dengan bunyi musik yang sedang dimainkan. Dari keseluruhan gerakan tariannya, robot juga diselingi gerakan jalan yang digunakan agar robot ampu mencapai posisi-posisi untuk menrinya.

Arena yang digunakan untuk menari berbentuk segi empat dengan ukuran yang sudah disebutkan sebelumnya, yaitu sebagai berikut ini:



**Gambar 3. 10** Lapangan yang digunakan untuk menari

Dari beberapa gerak yang sudah dijelaskan sebelumnya tadi berikut penjelasan gerakan yang dilakukan :

a. Gerakan sembah pembuka

Pada gerakan ini, robot melakukan tarian pembuka yang digunakan untuk membuka tariannya. Gerakan yang dilakukan adalah tangan di depan perut dengan menyatu bagaikan orang yang memberi salam dan sebelum itu diawali dengan gerakan tangan yang seperti sayap.



**Gambar 3. 11** Gerakan sembah pembuka

b. Gerakan jalan

Untuk Gerakan jalan, robot akan melakukan gerakan jalan seperti penari dan jalan pada umumnya, seperti tangan dan kaki bergantian gerakanya. Tidak ada gerakan khusus dalam berjalan.

c. Gerakan kewer

Gerakan kewer disebut juga gerakan lenggang. Gerakan kewer terdiri atas beberapa gerakan gerakan berikut ini:

1. Kaki kanan diletakkan di depan, sedangkan kaki kiri silang di belakang.
2. Tangan kiri diletakkan di pinggang. Sedangkan, tangan kanan lurus ke samping dan digerakkan ke bahu, kemudian diluruskan kembali.



**Gambar 3. 12** Gerakan kewer

d. Gerakan selancar

Gerakan selancar disebut juga gerakan mengayun. Gerakan selancar terdiri atas gerakangerakan berikut ini:

1. Tangan kanan diletakkan di depan dan pergelangan tangan diputar (ukel). Sedangkan tangan kiri diluruskan ke samping bersamaan dengan gerakan kaki kiri ke depan.
2. Tangan kiri diletakkan di depan dan pergelangan tangan diputar (ukel). Sedangkan tangan kanan diluruskan ke samping bersamaan dengan gerakan kaki kanan ke depan.
3. Gerakan tangan kanan dan tangan kiri dilakukan secara bergantian.





**Gambar 3. 13** Gerakan Selancar

e. Gerakan cendol hijau

Gerakan cendol hijau adalah gerakan mengoyangkan pinggul. Gerakan cendol hijau terdiri atas gerakan-gerakan berikut ini:

1. Kedua tangan diletakkan di pinggang.
2. Kedua tumit dirapatkan dan telapak kaki dibuka sehingga membentuk huruf V.
3. Pinggul digoyangkan ke kanan dan ke kiri.



**Gambar 3. 14** Gerakan cendol Hijau

f. Gerakan pak blang

Gerakan pak blang merupakan gerakan yang ke 5, gerakannya terdiri atas gerakan-gerakan berikut ini:

1. Badan tegak dan tangan kiri diangkat ke atas kepala dengan telapak tangan menghadap ke bawah. Kemudian, tangan kanan lurus ke samping dengan jari tangan melentik.
2. Badan tegak dan tangan kanan diangkat ke atas kepala dengan telapak tangan menghadap ke bawah. Kemudian, tangan kiri lurus ke samping dengan jari tangan melentik.
3. Gerakan kaki mengikuti gerakan tangan. Jika tangan kiri di atas kepala, maka kaki kanan melangkah ke depan. Demikian pula sebaliknya, jika tangan kanan di atas kepala, maka kaki kiri melangkah ke depan. d. Gerakan tangan dan kaki dilakukan secara bergantian dengan gerakan yang lentur dan luwes.



**Gambar 3. 15** Gerakan Pak Blang

g. Gerakan gibang

Gerakan gibang terdiri atas gerakangerakan berikut ini:

1. Badan condong ke depan. Tangan kiri di pinggang, sedangkan tangan kanan lurus ke samping.
2. Kaki kanan disilangkan di depan kaki kiri.
3. Gerakan tangan dan kaki dilakukan secara bergantian.
4. Lakukan gerakan berjalan berputar dengan delapan hitungan. Pada hitungan ke delapan, posisi kembali seperti semula (gerakan awal) disertai gerakan kedua tangan melempar selendang (seblak).



**Gambar 3. 16** Gerakan Gibang

h. Gerakan sembah penutup

Pada gerakan sembah penutup ini, obot akan berhadapap-hadapan dulu sebelum melakukan penutup gerakan. Pada saat hadap-hadapan, kedua robot melakukan gerakan interaksi dan tangan mengembang. Setelah berhadap-hadapan, kedua robot kembali lagi menghadap ke depan dan melakukan gerakan salam untuk mengakhiri dan menutup tariannya.



**Gambar 3. 17** Gerakan sembah penutup

### 3.5 Perancangan Sistem Keseimbangan

Setelah robot mampu melakukan gerakan dan sesuai musik yang ada, langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan keseimbangan robot. Perancangan ini dilakukan agar robot mampu tetap seimbang saat menari dan tidak jatuh. Sistem ini dipakai karena jika robot terjatuh, maka akan mengurangi poin yang diperoleh dan akhirnya penilaiannya tidak maksimal. Sistem keseimbangannya menggunakan modul mpu-6050 yang memiliki 6axis yang terdiri dari 3 axis untuk gyroscope dan 3 axis untuk accelerometer.

Berikut peletakkan sistem keseimbangan robot penri menggunakan sudut pembacaan dari roll dan pitch.

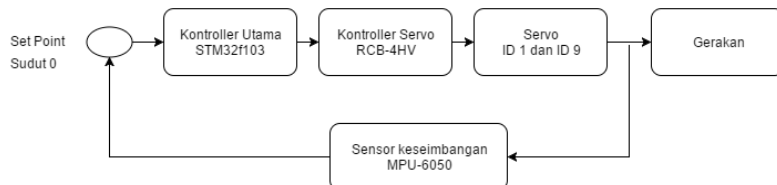


**Gambar 3. 18** Sistem keseimbangan dari robot

Dari respon gerak yang akan dibuat, sistem pengaturannya menggunakan sistem kontrol fuzzy. Sistem ini dipilih karena robot memiliki beberapa set poin yang berbeda untuk gerakannya, robot tidak hanya bertahan pada posisi roll dan pitch dengan set point 0(nol) tetapi tetap bertahan dengan posisi gerakannya. Hal ini dikarenakan robot melakukan tari tidak selalu bertahan pada posisi nol.

Berikut sistem pengaturan untuk masing-masing sudut roll maupun pitch yang digunakan

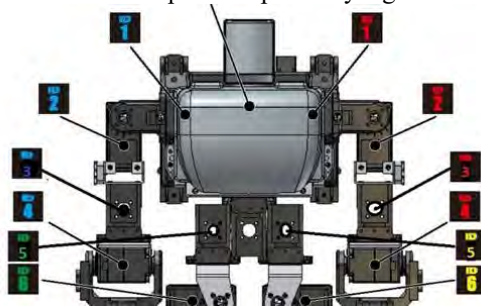
a. Respon terhadap sudut Roll



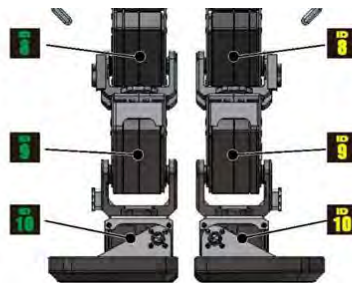
**Gambar 3. 19** Diagram pengaturan srespon terhadap sudut roll

Feedback servo yang digerakkan adalh servo ID 1 dan ID 9. Servo ID 1 terletak pada bagian pangkal lengan atau bagian atas robot, sedangkan ID 9 berada pada bagian kaki yang bawah. Jika badan terlalu

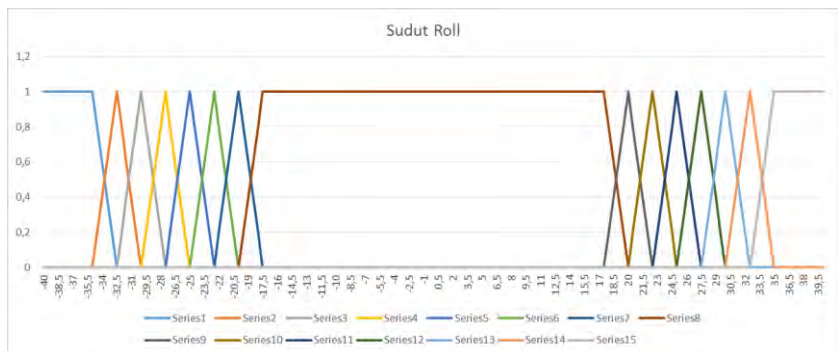
ke depan (sudut roll naik positif) maka servo-servo tersebut akan memberikan respon untuk mengurangi sudut gerakanya. Sedangkan jika terlalu ke belakang (sudut roll bernilai negatif/turun) maka servo-servo tersebut akan memberikan respon berupa nilai yang bertambah atau plus.



**Gambar 3. 20** Letak Servo ID 1



**Gambar 3. 21** Letak Servo ID 9



**Gambar 3. 22** Grafik Respon terhadap error sudut roll

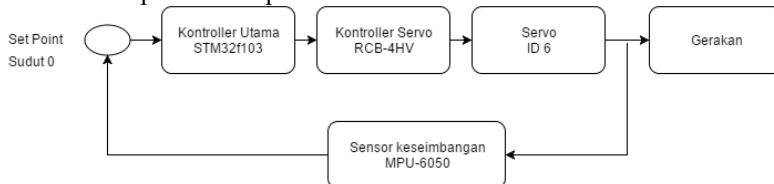
Dari gambar grafik 3.20 terdapat beberapa respon terhadap rule yang telah dibuat, sumbu-x merupakan error dari pembacaan sensor dengan set point yang ditetapkan. Sedangkan sumbu-y merupakan respon yang akan dilakukan. Berikut penjelasan dari grafik yang telah dibuat :

- Series 1 = Respon positif plus 7 x derajat respon
- Series 2 = Respon positif plus 6 x derajat respon
- Series 3 = Respon positif plus 5 x derajat respon
- Series 4 = Respon positif plus 4 x derajat respon
- Series 5 = Respon positif plus 3 x derajat respon
- Series 6 = Respon positif plus 2 x derajat respon
- Series 7 = Respon positif plus 1 x derajat respon
- Series 8 = Tanpa Respon
- Series 9 = Respon negatif min 1 x derajat respon
- Series 10 = Respon negatif min 2 x derajat respon
- Series 11 = Respon negatif min 3 x derajat respon
- Series 12 = Respon negatif min 4 x derajat respon
- Series 13 = Respon negatif min 5 x derajat respon
- Series 14 = Respon negatif min 6 x derajat respon
- Series 15 = Respon negatif min 7 x derajat respon

Rule grafik yang lebih jelas dapat ditunjukkan pada lampiran.

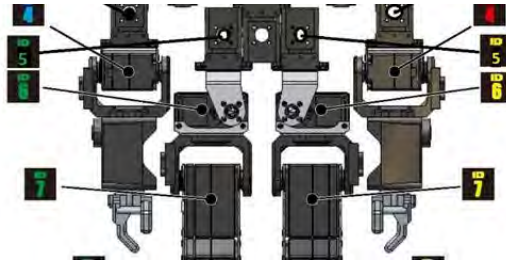
Derajat respon ditentukan sendiri, dan menjadi setting derajat yang akan digunakan. Untuk servo ID 1 setting derajatnya lebih besar daripada setting derajat ID 9. Hal ini dikarenakan respon yang minimal dari Servo ID 9 akan memberikan efek/dampak yang besar pada keseluruhan robot karena berada pada pangkal. Sedangkan pada ID 1 kurang memberikan dampak yang besar karena tidak menahan beban seluruh bagian robot. Untuk keseimbangan robot yang akan dibuat derajat respon pengalinya adalah sebesar 3°.

#### b. Respon terhadap sudut Pitch

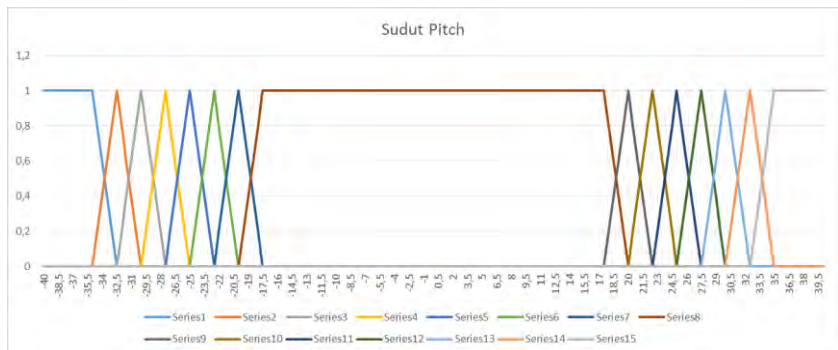


**Gambar 3. 23** Diagram pengaturan srespon terhadap sudut pitch

Feedback servo yang digerakkan adalah servo ID 6. Servo ID 6 terletak pada bagian pingul. Jika badan terlalu miring ke samping kanan (sudut pitch naik/positif) maka servo ID 6 akan memberikan respon untuk mengurangi gerakan servonya. Sedangkan jika terlalu miring ke kiri (sudut pitch turun/negatif) maka servo ID 6 akan memberikan respon untuk menambah gerakan servonya.



**Gambar 3. 24** Posisi Servo ID 6



**Gambar 3. 25** Grafik Respon terhadap error sudut pitch

Dari gambar grafik 3.16 terdapat beberapa respon terhadap rule yang telah dibuat, berikut penjelasan dari grafik yang telah dibuat :

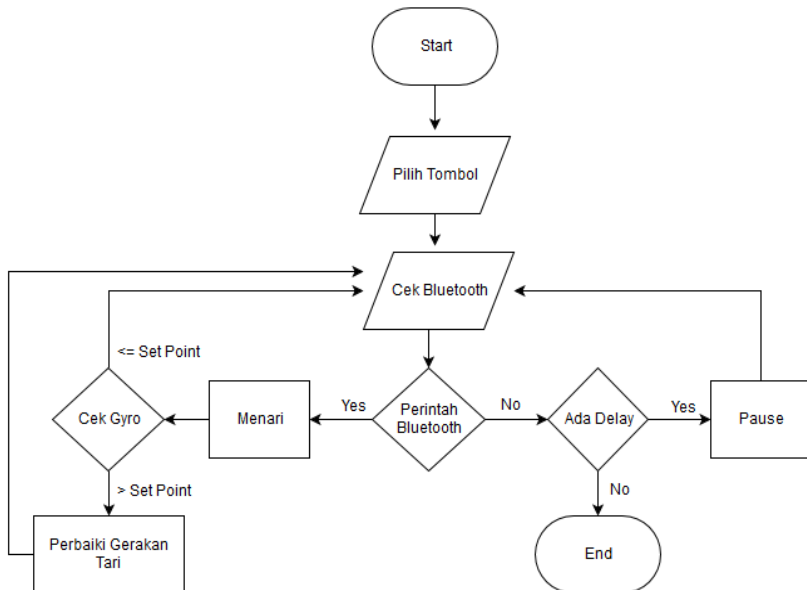
- Series 1 = Respon positif plus 7 x derajat respon
- Series 2 = Respon positif plus 6 x derajat respon
- Series 3 = Respon positif plus 5 x derajat respon
- Series 4 = Respon positif plus 4 x derajat respon
- Series 5 = Respon positif plus 3 x derajat respon
- Series 6 = Respon positif plus 2 x derajat respon
- Series 7 = Respon positif plus 1 x derajat respon

- Series 8 = Tanpa Respon
- Series 9 = Respon negatif min 1 x derajat respon
- Series 10 = Respon negatif min 2 x derajat respon
- Series 11 = Respon negatif min 3 x derajat respon
- Series 12 = Respon negatif min 4 x derajat respon
- Series 13 = Respon negatif min 5 x derajat respon
- Series 14 = Respon negatif min 6 x derajat respon
- Series 15 = Respon negatif min 7 x derajat respon

Derajat respon ditentukan sendiri, dan menjadi setting derajat yang akan digunakan. Untuk ID 6 setting respon derajat servonya adalah sama dengan servo ID 9 untuk sudut roll. Derajat servo yang dirancang pada sistem ini adalah 2°.

### 3.6 Perancangan Respon Robot Humanoid terhadap Suara

Perancangan respon gerak robot terhadap suara dimaksudkan untuk menentukan gerakan robot yang akan dilakukan. Dengan sistem ini maka robot akan bergerak sesuai dengan perintah dari musik dan masih tetap mengatur keseimbangannya agar tidak terjatuh saat menari.



**Gambar 3. 26** Algoritma gerak robot humanoid

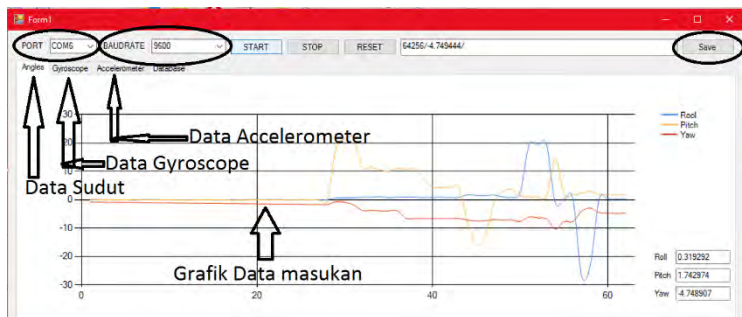


Pada gambar 3.26. terlihat bahwa sistem yang terdapat pada robot humanoid selalu mengecek giroskop dan suara. Jika ada kesalahan, maka akan merespon dan juga jika tidak ada musik maka akan diam robotnya.

### 3.7 Perancangan Sistem Pemantauan Kinerja Sensor

Setelah semua rancangan selesai dibuat. Selanjutnya dilakukan perancangan untuk monitoring keadaan keseimbangan robot. Sistem ini dibuat agar tau respon robot dan kondisi dimana robot berada pada kondisi yang stabil dan yang tidak stabil. Form yang dibuat adalah menggunakan visual studio.net. bentuk tampilan dari monitoringnya terdiri dari kondisi sudut keseimbangan, data gyroscope dan data accelerometer. Dari data tersebut dapat diamati dan diperbaiki gerakan robotnya untuk mendapatkan keadaan yang benar-benar stabil. Pada form ini juga bisa menyimpan data - data yang sudah dibaca.

Berikut tampilan dari form yang digunakan untuk menganalisa kondisi keseimbangan robot :



**Gambar 3. 27** Tampilan sistem monitoring robot

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

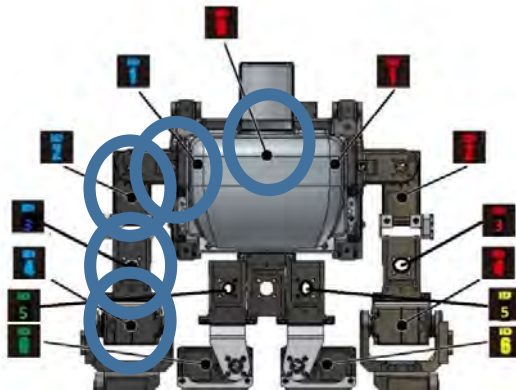
## BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 4.1 Pengujian Motor Servo KRS-2552

Pengujian motor servo KRS-2552HV dilakukan dengan memberikan tegangan supply dan memberikan data sudut ke motor servonya. Kemudian sudut horn putar servo tersebut diukur dengan menggunakan busur derajat. Data sudut terukur tersebut dibandingkan dengan data sudut masukan yang diberikan pada servo untuk mengukur tingkat keakuratan dan kepresisian motor servo KRS-2552HV. Dari data yang diperoleh kemudian dihitung nilai rata-rata errornya. Nilai ini digunakan untuk menentukan respon yang akan dilakukan oleh servomotor. Pengujian terhadap motor servo dibagi menjadi 4 tahap, yaitu servo tangan sebelah kanan dan kepala, servo tangan sebelah kiri, servo kaki sebelah kanan, dan kaki sebelah kiri sesuai dengan ID servo yang digunakan.

#### 4.1.1 Pengujian Bagian lengan kanan

Pengujian pada bagian tangan kanan dimulai dari kepala sampai ujung tangan. Pada bagian ini servo yang diuji ada 4 buah, yaitu sesuai dengan gambar 4.1. yang memiliki tanda lingkaran. Pada servo yang dilingkari tersebut memiliki ID kanan mulai dari ID 0, ID 1, ID 2, ID 3 dan ID 4. Urutan ID servo juga sesuai dengan gambar 4.1. hasil pengujian terhadap sudut servo ditunjukkan pada tabel 4.1. pengujian dilakukan sebanyak satu kali dengan sudut putar mulai dari  $-135^{\circ}$  sampai  $135^{\circ}$



**Gambar 4. 1** Bagian pengujian servo tangan kanan

**Tabel 4. 1** Hasil pengujian servo bagian tangan kanan

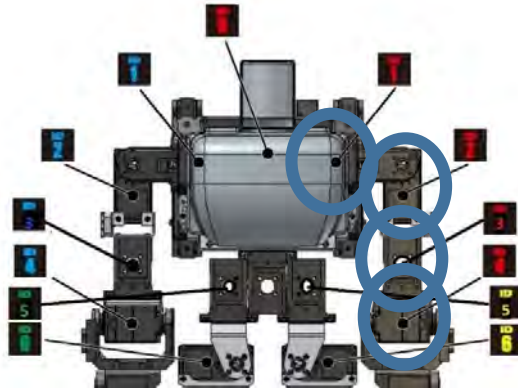
	Pembacaan sudut (°)				
Alamat Servo	ID 0	ID 1	ID 2	ID 3	ID 4
Sudut yang diinginkan					
-135	-134	-135	-134	-135	-135
-120	-120	-123	-120	-120	-120
-105	-105	-103	-105	-105	-105
-90	-91	-90	-90	-90	-90
-75	-73	-75	-73	-75	-75
-60	-58	-60	-60	-60	-60
-45	-45	-45	-45	-45	-45
-30	-31	-30	-30	-30	-30
-15	-15	-15	-15	-15	-15
0	0	0	0	0	0
15	15	15	15	15	15
30	30	30	30	30	30
45	44	45	45	46	45
60	60	60	60	60	60
75	75	75	75	75	75
90	91	90	90	91	90
105	105	105	104	105	105
120	122	120	122	120	120
135	135	135	135	135	135

Berdasarkan data yang didapat pada tabel 4.1 terlihat bahwa sudut yang dimasukkan sangat akurat dan jika ada error sudut, errornya sangat kecil, yaitu hanya 1-3 °.

#### 4.1.2 Pengujian bagian lengan kiri

Pengujian pada bagian tangan kiri dimulai dari ujung pundak sampai ujung tangan. Pada bagian ini servo yang diuji ada 4 buah, yaitu

sesuai dengan gambar 4.2. yang memiliki tanda lingkaran. Pada servo yang dilingkari tersebut memiliki ID kanan mulai dari ID 1, ID 2, ID 3 dan ID 4. Urutan ID servo juga sesuai dengan gambar 4.1. hasil pengujian terhadap sudut servo ditunjukkan pada tabel 4.2. pengujian dilakukan sebanyak satu kali dengan sudut putar mulai dari  $-135^{\circ}$  sampai  $135^{\circ}$ .



**Gambar 4. 2** bagian servo tangan kiri

**Tabel 4. 2** Hasil pengujian servo bagian tangan kiri

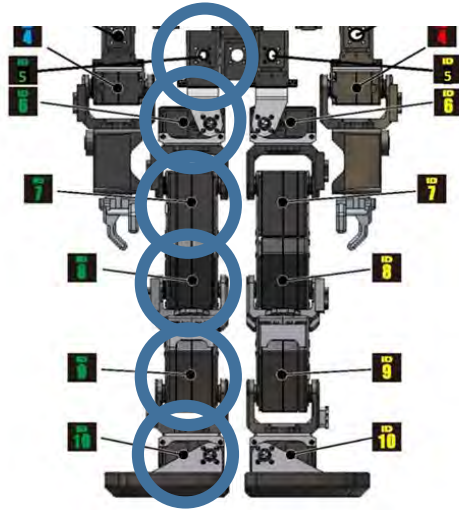
Alamat Servo	Pembacaan sudut ( $^{\circ}$ )			
	ID 1	ID 2	ID 3	ID 4
Sudut yang diinginkan				
-135	-135	-134	-135	-135
-120	-120	-120	-120	-120
-105	-107	-105	-105	-105
-90	-90	-90	-90	-90
-75	-76	-73	-75	-75
-60	-62	-60	-60	-60
-45	-45	-45	-45	-45
-30	-30	-31	-30	-30
-15	-15	-15	-15	-15

Sudut yang diinginkan	ID 1	ID 2	ID 3	ID 4
-15	-15	-15	-15	-15
0	0	0	0	0
15	15	15	15	15
30	31	31	30	30
45	46	45	46	45
60	60	60	60	60
75	75	75	75	75
90	90	90	91	90
105	105	105	105	105
120	120	121	120	120
135	135	135	135	135

Berdasarkan data yang didapat pada tabel 4.1 terlihat bahwa sudut yang dimasukkan sangat akurat dan jika ada error sudut, errornya sangat kecil, yaitu hanya 1-2 °.

#### 4.1.3 Pengujian bagian kaki kanan

Pengujian pada bagian kaki kanan dimulai dari pinggul kanan sampai ujung kaki bawah yang kanan. Pada bagian ini servo yang diuji ada 6 buah, yaitu sesuai dengan gambar 4.3. yang memiliki tanda lingkaran. Pada servo yang dilingkari tersebut memiliki ID kanan mulai dari ID 5, ID 6, ID 7, ID 8, ID 9 dan ID 10. Urutan ID servo juga sesuai dengan gambar 4.3. hasil pengujian terhadap sudut servo ditunjukkan pada tabel 4.3. pengujian dilakukan sebanyak satu kali dengan sudut putar mulai dari -135° sampai 135°.



**Gambar 4. 3** Bagian Pengujian servo bagian kaki kanan

**Tabel 4. 3** Hasil pengujian servo bagian tangan kanan

	Pembacaan sudut (°)					
Alamat Servo	ID 5	ID 6	ID 7	ID 8	ID 9	ID 10
Sudut yang diinginkan						
-135	-134	-135	-135	-135	-134	-134
-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120
-105	-105	-107	-105	-105	-105	-105
-90	-91	-90	-90	-90	-91	-91
-75	-73	-76	-75	-75	-73	-73
-60	-58	-62	-60	-60	-58	-58
-45	-45	-45	-45	-45	-45	-45
-30	-31	-30	-30	-31	-31	-31
-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15
0	0	0	0	0	0	0
15	15	15	15	15	15	15

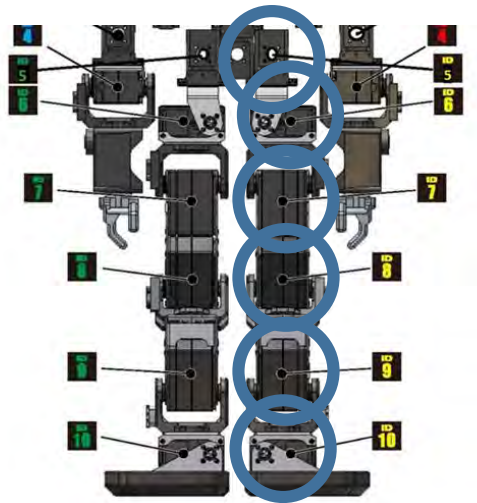
Sudut yang diinginkan	ID 5	ID 6	ID 7	ID 8	ID 9	ID 10
15	15	15	15	15	15	15
30	30	31	30	30	30	30
45	44	46	45	44	44	44
60	60	60	60	60	60	60
75	75	75	75	75	75	75
90	91	90	89	91	91	91
105	105	105	105	105	105	105
120	122	120	120	122	122	122
135	135	135	135	135	135	135

Berdasarkan data yang didapat pada tabel 4.1 terlihat bahwa sudut yang dimasukkan sangat akurat dan jika ada error sudut, errornya sangat kecil, yaitu hanya 1-4 °.

#### **4.1.4 Pengujian bagian kaki kiri**

Pengujian pada bagian kaki kiri dimuali dari pinggul sampai ujung kaki bawah. Pada bagian ini servo yang diuji ada 6 buah, yaitu sesuai dengan gambar 4.4. yang memiliki tanda lingkaran. Pada servo yang dilingkari tersebut memiliki ID kanan mulai dari ID 5, ID 6, ID 7, ID 8, ID 9 dan ID 10. Urutan ID servo juga sesuai dengan gambar 4.4. hasil pengujian terhadap sudut servo ditunjukkan pada tabel 4.3. pengujian dilakukan sebanyak satu kali dengan sudut putar mulai dari -135° sampai 135°.





**Gambar 4. 4** Bagian Pengujian servo bagian kaki kiri

**Tabel 4. 4** Hasil pengujian servo bagian tangan kiri

	Pembacaan sudut					
Alamat Servo	ID 5	ID 6	ID 7	ID 8	ID 9	ID 10
Sudut yang diinginkan						
-135	-134	-134	-134	-134	-134	-134
-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120
-105	-105	-105	-105	-105	-105	-105
-90	-91	-91	-91	-91	-91	-91
-75	-73	-73	-73	-73	-73	-73
-60	-58	-58	-58	-58	-58	-58
-45	-45	-45	-45	-45	-45	-45
-30	-31	-31	-31	-31	-31	-31
-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15
0	0	0	0	0	0	0
15	15	15	15	15	15	15

Sudut yang diinginkan	ID 5	ID 6	ID 7	ID 8	ID 9	ID 10
15	15	15	15	15	15	15
30	30	30	30	30	30	30
45	44	44	44	44	44	44
60	60	60	60	60	60	60
75	75	75	75	75	75	75
90	91	91	91	91	91	91
105	105	105	105	105	105	105
120	122	120	120	122	122	122
135	135	135	135	135	135	135

Berdasarkan data yang didapat pada tabel 4.4 terlihat bahwa sudut yang dimasukkan sangat akurat dengan sudut yang digerakkan dan jika ada error sudut, errornya sangat kecil, yaitu hanya 1-3 °.

## 4.2 Pengujian Sensor MPU-6050

Pengujian sensor MPU-6050 dibagi menjadi dua tahap pengujian, yaitu pengujian *roll* dan *pitch*. Sebelum dilakukan pengujian, dilakukan inisialisasi awal terlebih dahulu. Cara untuk melakukan inisialisasi adalah dengan meletakkan sensor pada bidang yang datar kemudian mendiamkannya terlebih dahulu hingga proses inisialisasi selesai. Baru sensor tersebut diputar sesuai dengan ketentuan dan data sudut hasil bacaannya dibandingkan dengan busur derajat.

### 4.2.1 Pengujian Terhadap sudut Roll

Pengujian terhadap sudut roll dilakukan putaran terhadap sudut *roll* (pada sensor ditunjukkan pada arah sumbu-x sensor). Putaran sudut dilakukan dengan rentang sudut sebesar 30° dengan mulai dari sudut -180° sampai sudut 180°. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali. Hal ini dilakukan agar didapatkan respon dan data yang akurat dan sesuai dengan yang diinginkan. Data pengujian data sensor terhadap sudut *pitch* ditunjukkan pada tabel 4.5.

**Tabel 4. 5** Pengujian Sensor terhadap sudut roll

	Bacaan sudut roll				
Pengambilan data	1	2	3	4	5
Besar sudut					
-180	-176,5	-174,6	181,3	-178,2	-176,4
-150	-146,8	-147,5	-147,3	-151,4	-150,0
-120	-118,2	-116,5	-120,5	-119,2	-121,8
-90	-88,3	-87,4	-90,5	-89,2	-90,2
-60	-59,4	-56,8	-59,3	-58,5	-60,6
-30	-27,8	-27,5	-28,6	-30,4	-29,9
0	0,2	-0,5	-0,2	0,4	0,6
30	30,4	28,4	30,2	29,5	29,3
60	57,7	61,4	58,4	59,2	59,1
90	90,4	87,5	88,0	91,4	92,9
120	117,6	116,5	115,4	117,0	120,4
150	147,5	144,6	145,8	149,6	152,0
180	-179,7	175,6	177,3	179,5	176,6

Berdasarkan data pada tabel 4.5, perangkat sudut *roll* pada sensor MPU-6050 memiliki rata-rata kesalahan pembacaan sebesar  $1,2^\circ$ . Jika dilihat dari data yang ada tersebut, sensor MPU-6050 termasuk ke dalam sensor yang tidak linier. Error yang ada berbeda-beda tiap pengujiannya. Hal ini bisa saja terpengaruh karena kesalahan peletakan sensor ataupun busur derajat yang digunakan.

#### 4.2.2 Pengujian terhadap Sudut Pitch

Pengujian terhadap sudut pitch dilakukan putaran terhadap sudut pitch (pada sensor ditunjukkan pada arah sumbu-y sensor). Putaran sudut dilakukan dengan rentan sudut sebesar  $30^\circ$  dengan mulai dari sudut  $-180^\circ$  sampai sudut  $180^\circ$ . Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali. Hal ini dilakukan agar didapatkan respon dan data yang akurat dan sesuai dengan yang diinginkan. Data pengujian data sensor terhadap sudut *pitch* ditunjukkan pada tabel 4.6.

**Tabel 4. 6** Pengujian Sensor terhadap sudut pitch

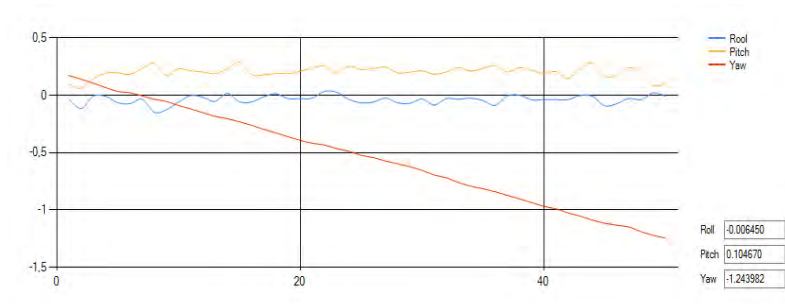
	Bacaan sudut pitch				
Pengambilan data	1	2	3	4	5
Besar sudut					
-180	-178,9	-178,6	179,3	-179,9	-178,6
-150	-149,6	-148,9	-149,3	-150,0	-150,3
-120	-120,5	-116,3	-119,3	-121,1	-120,2
-90	-88,9	-90,1	-90,3	-88,9	-89,8
-60	-60,2	-59,6	-59,5	-59,5	-60,1
-30	-29,8	-30,2	-29,6	-29,4	-28,9
0	0,0	-0,1	-0,2	0,1	0,0
30	30,2	29,8	30,6	30,1	30,2
60	59,1	60,3	58,4	58,4	60,2
90	89,6	89,4	88,9	91,0	90,1
120	118,4	117,6	118,2	119,0	120,0
150	151,2	149,7	149,7	149,1	150,4
180	-178,9	179,1	179,4	178,9	179,0

Berdasarkan data pada tabel 4.6, perangkat sudut *Pitch* pada sensor MPU-6050 memiliki rata-rata kesalahan pembacaan sebesar  $0,5^\circ$ . Jika dilihat dari data yang ada tersebut, pembacaan untuk sudut pitch jauh lebih bagus daripada pembacaan pada sudut roll. Hal ini terlihat dari rata-rata error yang dimiliki pada pembacaan *pitch* lebih kecil daripada pada *roll*.

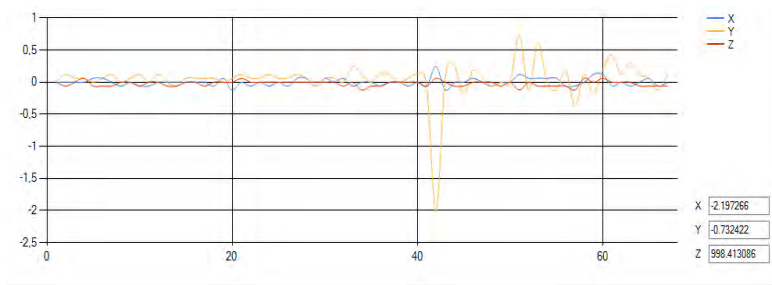
#### 4.2.3 Pengujian semua sudut saat diam di tempat

Pengujian sesor sebelum dimasukkan ke robot dilakukan karena untuk mengetahui respon dari sensornya terlebih dahulu. Diharapkan dengan adanya pengujian ini, maka saat sensor dimasukkan ke robot nantinya robot mampu seimbang dan keseimbangannya tidak terpengaruh dengan kesalahan dari sensornya.

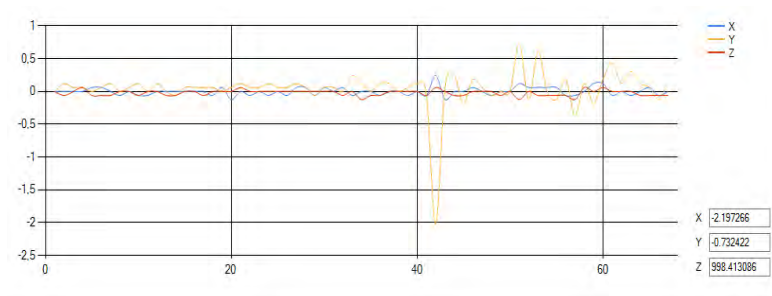
Berikut grafik dari sudut respon dari sensor yang digunakan.:



**Gambar 4. 5** Pembacaan Sudut IMU



**Gambar 4. 6** Pembacaan data giroskop



**Gambar 4. 7** Pembacaan data akselerometer

Sumbu-x dari gambar 4.5, 4.6, 4.7 adalah urutan data masukan sedangkan sumbu-y pada grafik 4.5 adalah sudut, sedangkan pada grafik 4.6 adalah degree/s sedangkan pada grafik 4.7 adalah mg (meter gravitasi). Dari pembacaan grafik data sudut IMU pada gambar 4.3 diatas terlihat bahwa sudut pembacaan dari sensor sudah cukup stabil, walapun

tidak benar-benar mendapatkan nilai yang tetap/stabilnya. Tetapi hasil ini sudah cukup untuk digunakan menggerakkan/memberikan respon dari robot.

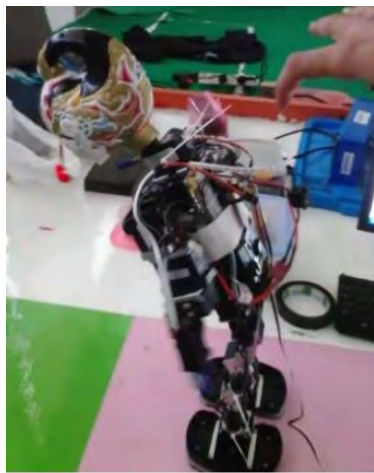
### 4.3 Pencarian titik maksimal dari robot

Pencarian titik maksimal dari robot digunakan untuk menentukan posisi atau kondisi maksimum robot sebelum jatuh. Sistem ini dibuat agar robot mampu memberikan respon yang cepat sebelum mencapai jatuh. Selain itu, posisi ini digunakan untuk melihat posisi robot yang saat bergerak ke depan maupun ke belakang. Dilihat dimana posisi maksimumnya. Dengan adanya data posisi maksimum ini maka robot dapat menari dengan posisi maksimal seperti percobaan/data yang didapat ini. Hal ini dikarenakan penari tidak mungkin hanya berdiri dan menari, pasti akan memberikan posisi yang ke depan, ke belakang dan juga saat jongkok maupun saat tidak jongkok

Berikut sudut posisi robot dengan sudut maksimum yang diperoleh dari pengujian :

- a. Posisi maksimum ke depan robot tanpa jongkok

Untuk posisi yang kedepan tanpa jongkok, posisi sudut roll yang sudah dibaca adalah mendekati  $20^\circ$  atau dengan sudut rata-rata pembacaan data selama pengukuran adalah  $20^\circ$ .



**Gambar 4. 8** Posisi maksimum robot ke depan tanpa jongkok

- b. Posisi maksimum ke belakang tanpa jongkok  
Untuk posisi maksimum ke belakang dari robot adalah mendekati  $17^\circ$  atau dengan sudut rata-rata pembacaan data selama pengukuran adalah mendekati  $17^\circ$ .



**Gambar 4. 9** Posisi maksimum robot ke belakang

- c. Posisi maksimum ke depan robot dengan jongkok  
Untuk posisi maksimum ke depan dari robot adalah mendekati  $20^\circ$  atau dengan sudut rata-rata pembacaan data selama pengukuran adalah mendekati  $20^\circ$ .



**Gambar 4. 10** Posisi robot maksimum de depan dengan jongkok

- d. Posisi maksimum ke belakang robot dengan jongkok  
Untuk posisi maksimum ke belakang dengan jongkok dari robot adalah mendekati  $17^\circ$  atau dengan sudut rata-rata pembacaan data selama pengukuran adalah mendekati  $17^\circ$ .



**Gambar 4. 11** Posisi robot maksimum ke belakang dengan jongkok

#### **4.4 Pengujian Keseimbangan Robot**

Pengujian keseimbangan robot digunakan untuk melihat respon gerak yang ada pada robot. Selain itu juga dibandingkan dengan ataupun tanpa adanya kontrol dari data sensor. Dengan adanya perbandingan ini, maka dapat ditentukan dan ditunjukkan respon dari robot saat menari dan dapat ditentukan sistem mana yang lebih efektif dan lebih bagus dalam penerapannya. Selain itu juga digunakan untuk melihat respon yang ada pada robot.

##### **4.4.1 Pengujian Keseimbangan Robot tanpa kontrol dari Sensor**

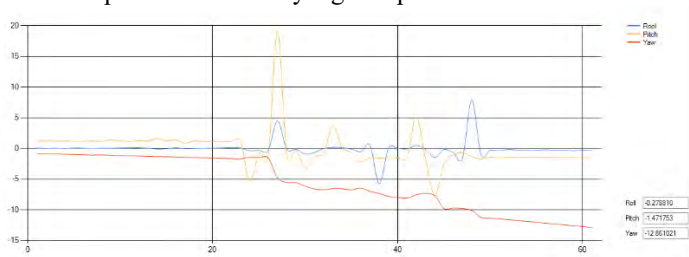
Pengujian keseimbangan robot tanpa kontrol dari sensor adalah pengujian robot humanoid baik pada saat diam maupun pada saat menari. Pada saat diam robot diberi dorongan juga sedangkan pada saat menari, robot dilihat responnya mulai dari awal hingga akhir. Tetapi walaupun tanpa kontrol dari sensor, robot tetap diberi sensor keseimbangan untuk melihat keseluruhan responnya.



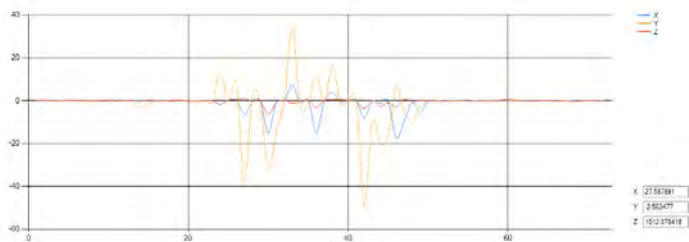
a. Saat diam dengan dorongan

Pengujian saat diam dengan dorongan ini robot dijalankan dengan posisi diam dan berdiri di tempat tanpa bergerak. Setelah itu robot diberi dorongan, baik dari sebelah kiri, kanan, depan maupun belakang. Saat diberi dorongan dari depan dan belakang itu digunakan untuk menentukan respon pembacaan sudut *roll*. Sedangkan pada saat mendapat dorongan dari kiri maupun kanandiuunakan untuk melihat respon dari sudut *pitch*.

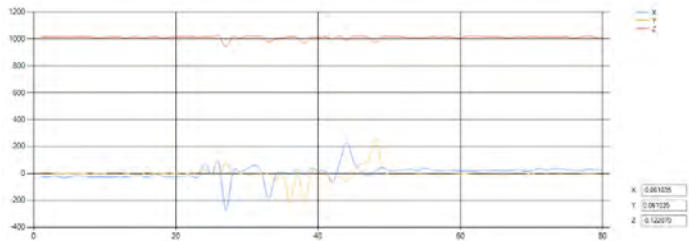
Berikut pembacaan sesor yang didapatkan :



**Gambar 4. 12** Pembacaan sudut IMU pada robot yang belum bergerak tanpa kontrol dengan sensor



**Gambar 4. 13** Pembacaan Giroskop pada robot yang belum bergerak tanpa kontrol dengan sensor

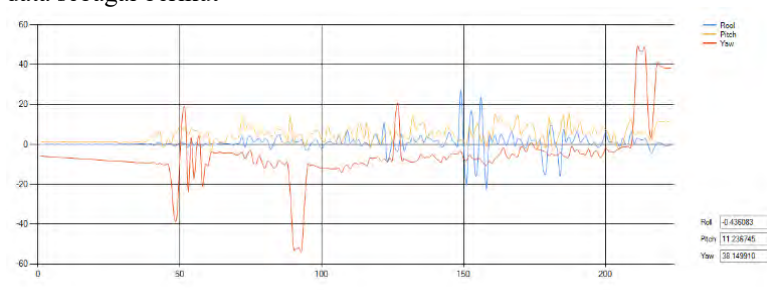


**Gambar 4. 14** Pembacaan akselerometer pada robot yang belum bergerak tanpa kontrol dengan sensor

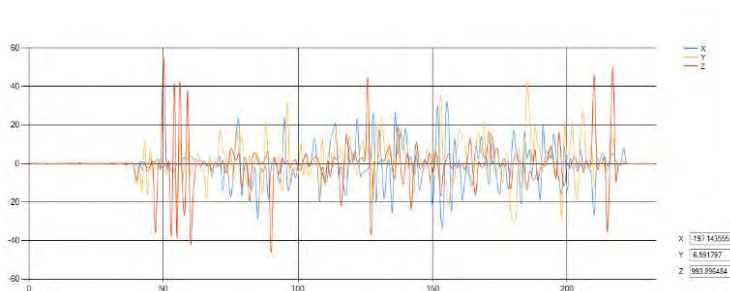
Sumbu-x dari gambar 4.12, 4.13, 4.14 adalah urutan data masukan sedangkan sumbu-y pada grafik 4.12 adalah sudut, sedangkan pada grafik 4.13 adalah degree/s sedangkan pada grafik 4.14 adalah mg (meter gravitasi). Kemudian dari data yang diperoleh tersebut, terlihat bahwa respon dari robot saat diberi dorongan tidak langsung seimbang dan mengalami osilasi. Hal ini dikarenakan robot tidak langsung merespon. Jadi robot langsung mengalami osilasi.

b. Saat menari dari awal hingga akhir

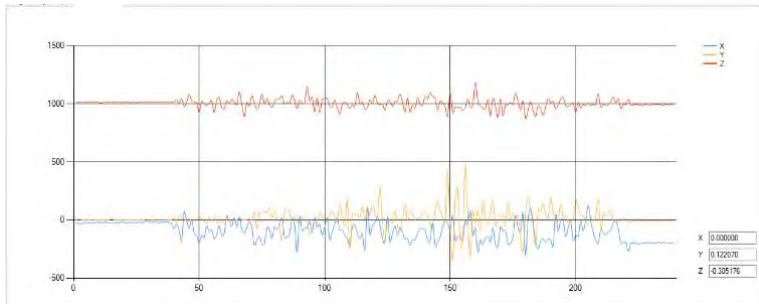
Pengujian saat menari dari awal hingga akhir adalah robot digerakkan sesuai dengan tarian dan dinyalakan musik sebagai penanda kalau robot sudah bisa menari. Pengujiannya hanya melihat respon sudut *roll* dan *pitch* saja. Pengujian ini tanpa diberi gaya dari luar manapun maupun gaya yang dapat membuat robot tidak seimbang. Berikut ini adalah respon yang diberikan pada sensor oeh robot hingga mendapatkan data sebagai berikut



**Gambar 4. 15** Pembacaan sudut IMU pada robot saat menari tanpa kontrol dari sensor



**Gambar 4. 16** Pembacaan data giroskop pada robot saat menari tanpa kontrol dari sensor



**Gambar 4. 17** Pembacaan data akselerometer pada robot saat menari tanpa kontrol dari sensor

Sumbu-x dari gambar 4.15, 4.16, 4.17 adalah urutan data masukan sedangkan sumbu-y pada grafik 4.15 adalah sudut, sedangkan pada grafik 4.16 adalah degree/s sedangkan pada grafik 4.17 adalah mg (meter gravitasi). Kemudian dari pembacaan sensor pada saat robot bergerak/menari mengalami beberapa kali guncangan saat menari. Hal ini dikarenakan gerakan yang dibuat terlalu cepat dan juga robot tidak diberi kontrol. Selain itu faktor lapangan yang tidak rata juga membuat robot berguncang. Padahal gerakan tari pada robot dibuat stabil pada tempat yang datar.

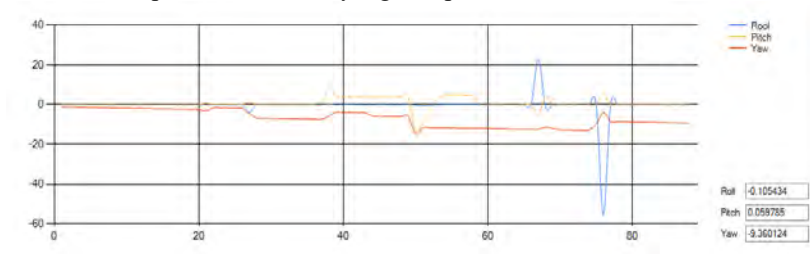
#### 4.4.2 Pengujian Keseimbangan Robot dengan Kontrol dari Sensor

Pengujian keseimbangan robot dengan kontrol dari sensor adalah pengujian robot humanoid baik pada saat diam maupun pada saat menari. Pada saat diam robot diberi dorongan juga sedangkan pada saat menari, robot dilihat responnya mulai dari awal hingga akhir. Berbeda dengan pengujian tanpa kontrol, pengujian dengan kontrol hasil respon pembacaan dari sensor langsung diberikan kepada robot penarinya.

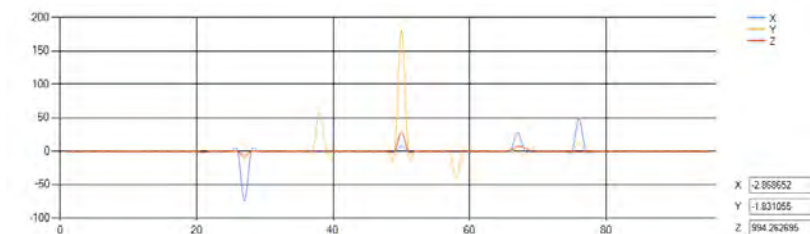
##### a. Saat diam dengan dorongan

Pengujian saat diam dengan dorongan ini robot dijalankan dengan posisi diam dan berdiri di tempat tanpa bergerak. Setelah itu robot diberi dorongan, baik dari sebelah kiri, kanan, depan maupun belakang. Saat diberi dorongan dari depan dan belakang itu digunakan untuk menentukan respon pembacaan sudut *roll*. Sedangkan pada saat mendapat dorongan dari kiri maupun kanandianakan untuk melihat respon dari sudut *pitch*.

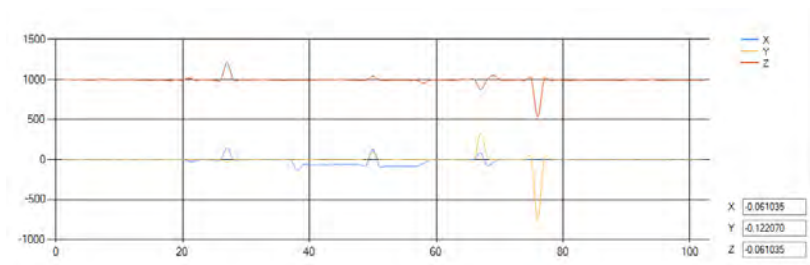
Berikut pembacaan sesor yang didapatkan :



**Gambar 4. 18** Pembacaan sudut IMU pada robot yang belum bergerak dengan kontrol dari sensor



**Gambar 4. 19** Pembacaan Giroskop pada robot yang belum bergerak dengan kontrol dari sensor



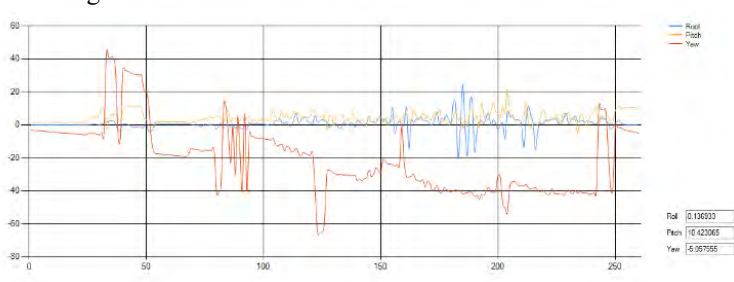
**Gambar 4. 20** Pembacaan akselerometer pada robot yang belum bergerak dengan kontrol dari sensor

Sumbu-x dari gambar 4.18, 4.19, 4.20 adalah urutan data masukan sedangkan sumbu-y pada grafik 4.18 adalah sudut, sedangkan pada grafik 4.19 adalah degree/s sedangkan pada grafik 4.20 adalah mg (meter gravitasi). Kemudian dari data dengan kontrol dari sensor terlihat bahwa gerakan robot tidak terlalu terjadi osilasi berlebih dan pergerakan robot

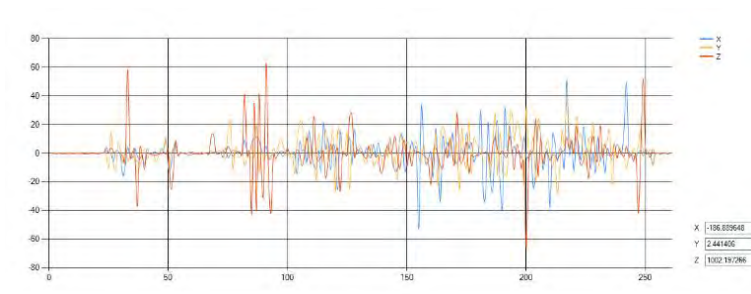
relatif lebih bagus jika dibandingkan dengan yang tanpa diberi kontrol data dari sensor. Hal ini dikarenakan respon dari robotnya sendiri jauh berbeda dan terlihat perbedaan respon. Pada saat diberi dorongan, maka robot akan langsung merespon pada posisi yang sudah ditentukan (roll pada kaki ID 9 dan lengan ID 1 sedangkan pitch pada kaki ID 6). Sedangkan pada bagian tanpa kontrol tidak ada respon apapun yang menyebabkan terjadinya osilasi gerakan.

b. Saat menari dari awal hingga akhir

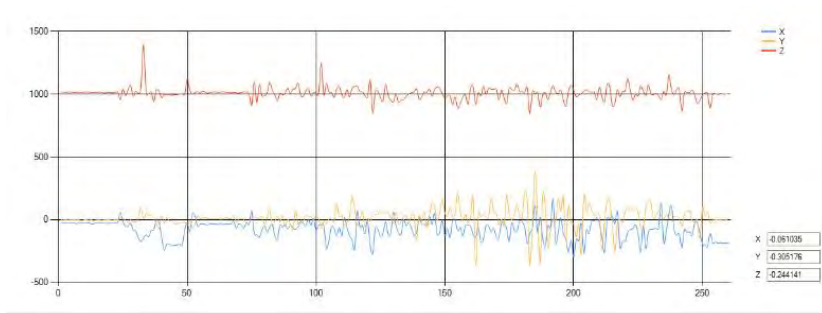
Pengujian saat menari dari awal hingga akhir adalah robot digerakkan sesuai dengan tarian dan dinyalakan musik sebagai penanda kalau robot sudah bisa menari. Pengujiannya hanya melihat respon sudut roll dan pitch saja. Pengujian ini tanpa diberi gaya dari luar manapun maupun gaya yang dapat membuat robot tidak seimbang. Berikut ini adalah respon yang diberikan pada sensor oleh robot hingga mendapatkan data sebagai berikut:



**Gambar 4. 21** Pembacaan sudut IMU pada robot saat menari dengan kontrol dari sensor



**Gambar 4. 22** Pembacaan data giroskop pada robot saat menari dengan kontrol dari sensor



**Gambar 4. 23** Pembacaan data akselerometer pada robot saat menari dengan kontrol dari sensor

Sumbu-x dari gambar 4.21, 4.22, 4.23 adalah urutan data masukan sedangkan sumbu-y pada grafik 4.21 adalah sudut, sedangkan pada grafik 4.22 adalah degree/s sedangkan pada grafik 4.23 adalah mg (meter gravitasi) . kemudian dari gambar grafik robot yang menari dengan kontrol dari sensor terlihat saat sudut dari roll maupun pitch melebihi 17,5 atau 20 derajat, maka langsung memberikan respon untuk membuat sudutnya kembali ke posisi antara -17,5 sampai 17,5 derajat. Hal ini dikarenakan pengaturan gerakan pada rule yang sudah dibuat membuat robotnya harus memberikan respon untuk menyeimbangkan kembali posisinya. Meskipun menggunakan sensor, robot masih tetap bergoncang saat bergerak dan menari jika posisi bagian bawah/napaknya tidak rata.

## LAMPIRAN

### a. Algoritma IMU magdwick AHRS

```
void filterUpdate(float w_x, float w_y, float w_z, float a_x, float a_y,
float a_z)
{
// Local system variables
float norm; // vector norm
float SEqDot_omega_1, SEqDot_omega_2, SEqDot_omega_3,
SEqDot_omega_4; // quaternion derrivative from gyroscopes elements
float f_1, f_2, f_3; // objective function elements
float J_11or24, J_12or23, J_13or22, J_14or21, J_32, J_33; // objective
function Jacobian elements
float SEqHatDot_1, SEqHatDot_2, SEqHatDot_3, SEqHatDot_4; //
estimated direction of the gyroscope error
// Axulirary variables to avoid reapeated calcuations
float halfSEq_1 = 0.5f * SEq_1;
float halfSEq_2 = 0.5f * SEq_2;
float halfSEq_3 = 0.5f * SEq_3;
float halfSEq_4 = 0.5f * SEq_4;
float twoSEq_1 = 2.0f * SEq_1;
float twoSEq_2 = 2.0f * SEq_2;
float twoSEq_3 = 2.0f * SEq_3;
// Normalise the accelerometer measurement
norm = sqrt(a_x * a_x + a_y * a_y + a_z * a_z);
a_x /= norm;
a_y /= norm;
a_z /= norm;
// Compute the objective function and Jacobian
f_1 = twoSEq_2 * SEq_4 - twoSEq_1 * SEq_3 - a_x;
f_2 = twoSEq_1 * SEq_2 + twoSEq_3 * SEq_4 - a_y;
f_3 = 1.0f - twoSEq_2 * SEq_2 - twoSEq_3 * SEq_3 - a_z;
J_11or24 = twoSEq_3; // J_11 negated in matrix multiplication
J_12or23 = 2.0f * SEq_4;
J_13or22 = twoSEq_1; // J_12 negated in matrix multiplication
J_14or21 = twoSEq_2;
J_32 = 2.0f * J_14or21; // negated in matrix multiplication
J_33 = 2.0f * J_11or24; // negated in matrix multiplication
// Compute the gradient (matrix multiplication)
```

```

SEqHatDot_1 = J_14or21 * f_2 - J_11or24 * f_1;
SEqHatDot_2 = J_12or23 * f_1 + J_13or22 * f_2 - J_32 * f_3;
SEqHatDot_3 = J_12or23 * f_2 - J_33 * f_3 - J_13or22 * f_1;
SEqHatDot_4 = J_14or21 * f_1 + J_11or24 * f_2;
// Normalise the gradient
norm = sqrt(SEqHatDot_1 * SEqHatDot_1 + SEqHatDot_2 *
SEqHatDot_2 + SEqHatDot_3 * SEqHatDot_3 + SEqHatDot_4 *
SEqHatDot_4);
SEqHatDot_1 /= norm;
SEqHatDot_2 /= norm;
SEqHatDot_3 /= norm;
SEqHatDot_4 /= norm;
// Compute the quaternion derrivative measured by gyroscopes
SEqDot_omega_1 = -halfSEq_2 * w_x - halfSEq_3 * w_y - halfSEq_4
* w_z;
SEqDot_omega_2 = halfSEq_1 * w_x + halfSEq_3 * w_z - halfSEq_4 *
w_y;
SEqDot_omega_3 = halfSEq_1 * w_y - halfSEq_2 * w_z + halfSEq_4 *
w_x;
SEqDot_omega_4 = halfSEq_1 * w_z + halfSEq_2 * w_y - halfSEq_3 *
w_x;
// Compute then integrate the estimated quaternion derrivative
SEq_1 += (SEqDot_omega_1 - (betaa * SEqHatDot_1)) * deltata;
SEq_2 += (SEqDot_omega_2 - (betaa * SEqHatDot_2)) * deltata;
SEq_3 += (SEqDot_omega_3 - (betaa * SEqHatDot_3)) * deltata;
SEq_4 += (SEqDot_omega_4 - (betaa * SEqHatDot_4)) * deltata;
// Normalise quaternion
norm = sqrt(SEq_1 * SEq_1 + SEq_2 * SEq_2 + SEq_3 * SEq_3 +
SEq_4 * SEq_4);
SEq_1 /= norm;
SEq_2 /= norm;
SEq_3 /= norm;
SEq_4 /= norm;
}

```



b. Data sensor saat diam

Data berikut ini adalah 50 data awal

ax	ay	az	gx	gy	gz	roll	pitch	yaw
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-20,75	5,25	1009,58	0,06	0,00	-0,06	0,13	1,20	-0,91
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-20,75	5,25	1009,58	0,06	0,00	-0,06	0,13	1,20	-0,91
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-20,75	5,25	1009,58	0,06	0,00	-0,06	0,13	1,20	-0,91
-17,70	2,08	1014,59	-0,06	0,06	0,24	0,03	1,21	-0,99
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-20,75	5,25	1009,58	0,06	0,00	-0,06	0,13	1,20	-0,91
-17,70	2,08	1014,59	-0,06	0,06	0,24	0,03	1,21	-0,99
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-20,75	5,25	1009,58	0,06	0,00	-0,06	0,13	1,20	-0,91
-17,70	2,08	1014,59	-0,06	0,06	0,24	0,03	1,21	-0,99
-21,61	-1,59	1010,80	0,12	-0,18	-0,18	0,03	1,19	-1,02

-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-20,75	5,25	1009,58	0,06	0,00	-0,06	0,13	1,20	-0,91
-17,70	2,08	1014,59	-0,06	0,06	0,24	0,03	1,21	-0,99
-21,61	-1,59	1010,80	0,12	-0,18	-0,18	0,03	1,19	-1,02
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-20,75	5,25	1009,58	0,06	0,00	-0,06	0,13	1,20	-0,91
-17,70	2,08	1014,59	-0,06	0,06	0,24	0,03	1,21	-0,99
-21,61	-1,59	1010,80	0,12	-0,18	-0,18	0,03	1,19	-1,02
-19,53	3,17	1016,30	-0,18	0,12	-0,06	0,06	1,22	-1,07
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,53	3,17	1016,30	-0,18	0,12	-0,06	0,06	1,22	-1,07
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88
-20,75	5,25	1009,58	0,06	0,00	-0,06	0,13	1,20	-0,91
-17,70	2,08	1014,59	-0,06	0,06	0,24	0,03	1,21	-0,99
-21,61	-1,59	1010,80	0,12	-0,18	-0,18	0,03	1,19	-1,02
-19,53	3,17	1016,30	-0,18	0,12	-0,06	0,06	1,22	-1,07
-31,98	2,81	1012,51	-0,92	-0,24	-0,37	0,30	1,21	-1,10
-22,46	-3,30	1012,63	0,18	-0,12	0,00	0,07	1,27	-0,84
-19,41	8,91	1012,15	0,06	0,12	0,24	0,11	1,23	-0,88

Keterangan :

- Ax = akselerometer sumbu-x
- Ay = akselerometer sumbu-y
- Az = akselerometer sumbu-z
- Gx = giroskop sumbu-x
- Gy = giroskop sumbu-y
- Gz = giroskop sumbu-z

Data Selengkapnya diunggah pada [http://bit.ly/aig\\_data1](http://bit.ly/aig_data1)

c. Data sensor menari tanpa kontrol

Data berikut ini adalah 50 data awal

ax	ay	az	gx	gy	gz	roll	pitch	yaw
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81

-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81
-23,80	-3,17	1018,07	0,12	-0,12	0,00	-0,11	1,44	-3,92
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81
-23,80	-3,17	1018,07	0,12	-0,12	0,00	-0,11	1,44	-3,92
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81

Keterangan :

- Ax = akselerometer sumbu-x
- Ay = akselerometer sumbu-y
- Az = akselerometer sumbu-z
- Gx = giroskop sumbu-x
- Gy = giroskop sumbu-y
- Gz = giroskop sumbu-z

Data Selengkapnya diunggah pada [http://bit.ly/aig\\_data2](http://bit.ly/aig_data2)

d. Data sensor menari dengan kontrol

Data berikut ini adalah 50 data awal

ax	ay	az	gx	gy	gz	roll	pitch	yaw
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81

-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81
-23,80	-3,17	1018,07	0,12	-0,12	0,00	-0,11	1,44	-3,92
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81
-23,80	-3,17	1018,07	0,12	-0,12	0,00	-0,11	1,44	-3,92
-27,47	-3,05	1016,24	0,37	-0,31	0,00	-0,06	1,54	-3,36
-29,17	-1,22	1011,96	0,24	-0,06	0,00	-0,03	1,51	-3,48
-21,61	5,86	1020,14	0,43	-0,24	0,24	-0,04	1,42	-3,59
-26,98	-2,56	1012,70	0,12	-0,12	0,06	-0,03	1,45	-3,69
-21,48	-3,17	1015,63	0,12	-0,18	-0,12	-0,07	1,49	-3,81

Keterangan :

- Ax = akselerometer sumbu-x
- Ay = akselerometer sumbu-y
- Az = akselerometer sumbu-z
- Gx = giroskop sumbu-x
- Gy = giroskop sumbu-y
- Gz = giroskop sumbu-z

Data Selengkapnya diunggah pada [http://bit.ly/aig\\_data3](http://bit.ly/aig_data3)

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan kesimpulan dan saran sebagai berikut :

#### **5.1 Kesimpulan**

Pada tugas akhir ini telah dibuat dan dirancang robot humanoid yang mampu melakukan terian topeng betawi. Selain melakukan gerakan terian, robot juga diberi parameter keseimbangan dalam *Inertial measurement unit* (IMU). Parameter ini digunakan untuk membatasi dan menentukan respon robot saat mencapai sudut roll kurang dari  $-17^\circ$  dan juga lebih dari  $20^\circ$ . Sedangkan untuk pitch akan memberikan respon jika sudutnya kurang dari  $-15^\circ$  dan juga lebih dari  $15^\circ$ . Hasilnya robot tetap seimbang pada gerak antara sudut tersebut. Dengan sistem keseimbangan ini robot mampu menyeimbangkan diri saat ada faktor gerakan dari arah luar. Mulai dari getaran lapangan, ataupun karena lapangan yang tidak rata. Tetapi untuk posisi tanpa adanya gangguan, terlihat bahwa tidak ada perbedaan yang mencolok pada sistem keseimbangannya. Jadi bisa disimpulkan bahwa jika tidak ada kondisi yang membuat gerakan dari robotnya jatuh, maka sistem pengaturan dengan data dari sensor yang dibuat ini tidak terlalu berbeda dengan tanpa dijalankannya sistem pengaturan dengan sensor.

#### **5.2 Saran**

Diharap kedepannya ditambah dengan magnetometer/kompas. Dengan adanya magnetometer ini posisi yaw mampu diatur dan mampu ditentukan arahnya. Dengan adanya arah yang pas maka akan mampu membuat robot tetap ke arah depan dan tidak miring saat melakukan sembah penutup.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, "Robot" <URL: <https://id.wikipedia.org/wiki/Robot>>, diakses 10 Mei 2016.
- [2] Caballero, R. "*Dynamic state feedback for zero moment point biped robot stabilization*". *Proceedings of the IEEE*, 2007.
- [3] DeCarlo, R.A., S.H. Zak and G.P. Matthews, "Variable Structure Control of Nonlinear Multivariable Systems: A Tutorial." *Proceedings of the IEEE*, 1988.
- [4] Anonim, " Kondo KHR-3HV R2 Humanoid Robot Kit" <URL : <https://robosavvy.com/store/kondo-khr-3hv-r2-humanoid-robot-kit-exc-battery-and-charger.html>> diakses 26 April 2016.
- [5] Anonim, " KHR-3HVオプション搭載マニュアル (ジャイロ KRG-4)" <URL : [kondo-robot.com/faq/khr-3hv-setup-kr-4-manual-2](http://kondo-robot.com/faq/khr-3hv-setup-kr-4-manual-2)> diakses 24 April 2016.
- [6] Panduan Kontes Robot Seni Tari Indonesia 2016.
- [7] S. O. Madgwick, "An Efficient Orientation Filter for Inertial and Inertial/Magnetic Sensor Arrays," Report x-io and University of Bristol (UK), 2010.



## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Nur Abidin, lahir di Kediri Jawa Timur pada tanggal 16 Januari 1995. Penulis menempuh pendidikan formal pertama di SDN Kandangan IV Kediri (2000-2006) kemudian meneruskan ke jenjang berikutnya di SMPN 1 Kandangan Kediri (2006-2012) dan sekolah menengah atas di SMAN 1 Kandangan Kediri (2009-2012). Kemudian pada SNMPTN-Tulis tahun 2012 diterima di Perguruan tinggi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Jurusan Teknik Elektro

*Email = [m.nurabidin95@yahoo.co.id](mailto:m.nurabidin95@yahoo.co.id)*